



Universidad Complutense de Madrid

Facultad de odontología

Evaluación “in vitro” de la discrepancia marginal y
microfiltración de cuatro cementos de resina usados en
cementado de coronas de óxido de circonio.

Máster de ciencias odontológicas

Trabajo de investigación

Jeanette Katherina Li Rodriguez

Director: Prof. Dr. G. J. Pradíes Ramiro

Departamento de Estomatología I



Universidad Complutense de Madrid

Facultad de odontología

Evaluación “in vitro” de la discrepancia marginal y
microfiltración de cuatro cementos de resina usados en
cementado de coronas de óxido de circonio.

Máster de ciencias odontológicas

Trabajo de investigación

Jeanette Katherina Li Rodriguez

Director: Prof. Dr. G. J. Pradíes Ramiro

Departamento de Estomatología

Agradecimientos:

- Al Prf. Dr. Guillermo Pradíes Ramiro, por la dirección del trabajo de investigación y su apoyo constante.
- Al Dr. Francisco Martínez Rus por su constante colaboración.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Consideraciones Previas	2
1.2 Definición de cemento.....	3
1.3 Evolución histórica.....	5
1.4 Clasificación de cementos	7
1.5 Cemento fosfato de zinc	9
1.6 Cemento Policarboxilato	10
1.7 Cemento Ionómero de vidrio	11
1.7.1 Cemento de Ionómero de vidrio reforzado con resina.....	13
1.8 Cemento de resina	15
1.8.1 Componentes de cemento de resina	15
1.8.2 Clasificación de los componentes de resina.....	17
1.8.3 Ventajas de los cementos de resina	17
1.8.4 Desventajas de los cementos de resina.....	18
1.8.5 Propiedades de los cementos de resina	19
1.8.6 Adhesión de los cementos de resina a diferentes sustratos	24
1.9 Consideraciones sobre microfiltración	26
1.10 Consideraciones sobre ajuste marginal	27
1.11 ¿Cómo se mide el ajuste marginal?	28
1.12 ¿Existe asociación entre la microfiltración y la discrepancia marginal absoluta?	30
2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	31
3. HIPÓTESIS DE TRABAJO	33
4. MATERIAL Y MÉTODO.....	35
4.1 Recolección de piezas dentarias.....	36
4.2 Tallado de piezas dentarias.....	36
4.3 Toma de impresión	37
4.4 Individualización de las probetas	38
4.5 Cementado de las probetas	39
4.6 Tinción de las muestras.....	46
4.7 Preparación de las muestras para ser observadas en magnificación.....	47
4.8 Análisis de la microfiltración en las cofias.....	50
4.9 Análisis de desajuste marginal absoluto de las cofias.....	51
4.10 Tratamiento de los datos	51
5. RESULTADOS.....	52
Estadística descriptiva	53
Estadística inferencial.....	54
Pruebas de los rangos de wilcoxon para microfiltración por zonas	54
Pruebas de los rangos de wilcoxon para desajuste por zonas	55
Pruebas no paramétricas para normalidad.....	56
Pruebas T para muestras relacionadas.....	57
Anova para un factor	58
Prueba de muestras independientes	59
Prueba T para igualdad de las medias.....	60
Nuevo modelo	62
6. DISCUSIÓN.....	64
7. CONCLUSIONES.....	76
8. BIBLIOGRAFÍA	78
APÉNDICE.....	84

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Consideraciones previas:

El cementado de las restauraciones fijas es una fase de gran importancia durante la realización de tratamientos protésicos. Su objetivo principal es sellar el espacio virtual ubicado entre la preparación y la restauración, aumentando así la superficie de fricción y la retención.

En odontología disponemos de una variedad de cementos dentales, los cuales se dividen en 2 grupos: convencionales y adhesivos. Los cementos adhesivos se pueden unir a diferentes sustratos como dentina, esmalte, cerámica, metal y consigue un contacto mas íntimo con estas estructuras, a diferencia de los cementos convencionales.

El cemento dental además de unir superficies, debe actuar como una barrera para evitar la filtración bacteriana y fluidos orales. Para lograrlo debe ser un material resistente a los agentes externos.

Cada cemento posee características que las diferencian una de otras, pero todos ellos deben cumplir una serie de características ideales:

Propiedades biológicas: Biocompatible, no tóxico, inhibición de formación de caries y placa, buen sellado en la interfase diente cemento y efecto antibacteriano.

Propiedades físico mecánicas: Resistencia a la solubilidad, a la fuerza de desgaste, deformación elástica y radiopaco.

Estético y bajo coste. ¹

Por el momento no existe ningún cemento que cumpla todos estos requisitos, por lo que es preciso conocer las características de los cementos que están disponibles en el mercado, para poder seleccionar el mas adecuado.

1.2 Definición de cemento:

El término cemento tiene su origen latino *caementum*, que era un término relacionado con la construcción de muros. Éste fue evolucionando y hacia el siglo XII, el término latino *caementum* pasó al francés *cément* y en 1849 se registra en inglés como *cement* y tuvo dos definiciones: sustancia para unir partes sólidas y material utilizado para las obturaciones de las caries dentales.

La Real Academia Española define los términos como *cimiento*, *cimento* y *cemento* de la siguiente manera: *cimiento* como material de construcción, mientras que *cimento* y *cemento* son términos aplicados al revestimiento de la raíz o cualquier material de unión.²

En odontología, *cemento* se define como el material formado por la mezcla de diferentes componentes, generalmente polvo y líquido, el cual en estado fluido se aplica entre dos superficies y fraguan en un tiempo útil adquiriendo resistencia mecánica y tenacidad. Cumple dos objetivos principales: mantener en posición la restauración durante un tiempo indefinido y evitar la microfiltración entre el material cementante y el diente.

En el cementado se cumple un principio fundamental que es la fricción entre el diente y la restauración. Para que sea correcto debe cumplirse ciertos requisitos: resistencia a la solubilidad y espesor mínimo de la película, de tal manera que la disolución por acción de la saliva y la exposición al medio oral sean mínimos.

El cementado consiste en la unión de tres superficies: diente, cemento y prótesis. Este espacio generado entre estas superficies pueden estar sometidos a cambios de humedad, químicos, mecánicos, térmicos que pueden comprometer la estabilidad de la prótesis. Además, cualquier imperfección del sellado permite el ingreso de las bacterias, deformaciones de la restauraciones en los procesos de masticación e inicio de caries en los pilares dentales.

Actualmente existen muchos tipos de cementos disponibles para el cementado de prótesis fijas con diferente composición química, física, biológica y mecánica. Esto da origen a la realización de distintas clasificaciones. En este

documento vamos a centrarnos en la clasificación basada en la capacidad adhesiva de los cementos.

La adhesión se define como la fuerza química eléctrica generada entre dos materiales de distinta composición química. En función de esto, los cementos pueden ser clasificados en dos grandes grupos: convencionales o no adhesivos y adhesivos.

Ambos grupos ejercen fricción entre las superficies a relacionar, sin embargo presentan diferencias entre ellos. Los cementos adhesivos tienen la capacidad de adherirse mejor a las irregularidades de las superficies y tejidos dentarios mejorando su capacidad de retención y sellado marginal. Los cementos convencionales tienen una retención mecánica y no son capaces de interactuar íntimamente con los pilares dentales, además algunos de ellos como el cemento de fosfato de zinc y cemento de policarboxilato poseen una alta solubilidad favoreciendo así la microfiltración.^{3,4,5}

1.3 Evolución histórica:

En el siglo XVIII, Jacques Guillaume hizo las primeras referencias de los cementos como materiales de restauración, denominándolos como rellenos de dientes vacíos. Ya en el año 1796 Friedrich Hirsch utilizó una pasta a base de piedra con el mismo fin.

Hacia el año 1850 el único cemento comercialmente disponible era el cemento óxido de zinc y eugenol (ZOE). Este cemento a lo largo de su evolución, consiguió mejorar sus propiedades de retención mecánicas reforzando su composición con alúmina, polimetil-metacrilato, ácido orto-etoxibenzoico (EBA). Los cementos ZOE demostraron menos irritación pulpar, sin embargo son muy solubles en ambiente clínico. Una de las principales indicaciones de este material es el cementado provisional.

Con el sistema EBA, se mejoró las propiedades de resistencia a la compresión y tracción, pero no superó a los cementos de Fosfato de Zinc y Policarboxilato de Zinc. A pesar de sus mejorías en su fórmula presentó desgaste en medio oral y ninguna adhesión a la estructura dentaria.

El cemento de Fosfato de Zinc apareció en el año 1877. Se utiliza con mucho éxito para la cementación de coronas coladas de metal. Se caracteriza por presentar una retención de tipo mecánico y a pesar que es un cemento muy utilizado no ha mejorado los problemas de sensibilidad pulpar.^{6,7}

Hacia la década de los 60 se inicio el uso de los cementos Policarboxilato de Zinc. Su presencia supuso una novedad dentro de los materiales dentales por su capacidad de adherirse al esmalte y dentina. Suplantó el ácido ortofosfórico por el ácido poliacrílico, esto condujo a una ventaja que era la ausencia de hipersensibilidad dentinaria, sin embargo aun persistía el problema de la microfiltración al igual que en el cemento Fosfato de Zinc.⁸

Los cementos dentales continúan evolucionando y aparece un cemento que cambio todas las expectativas dentro de los materiales restauradores: Ionómero de

vidrio. Este material contiene flúor que es utilizado por primera vez dentro de un cemento dental.

Hacia el año 1988 este material sufre muchas modificaciones. Dentro de sus elementos se agregaron limaduras de plata para mejorar sus propiedades mecánicas, monómero 2- hidroxietil metacrilato (HEMA) y fotoactivadores mejorando su tiempo de trabajo.

Con la aparición del Ionómero de vidrio y sus modificaciones también se inicia el uso de primers para mejorar la adhesión del producto al tejido dentario. Estos cementos mejoraron las propiedades de fluidez, estética y adhesión hasta entonces conocidas.^{7,8,9}

Con la finalidad de mejorar las propiedades antes mencionadas apareció un nuevo grupo: los cementos de resina. Estos tenían unión adhesiva tres veces mayor que la del cemento Ionómero de vidrio.⁶

Estos materiales tienen como componentes al bisfenol glicidil metacrilato (BISGMA), sílice, iniciadores químicos y fotoactivadores. El mecanismo de adhesión es micromecánico con la formación de una capa híbrida mas profunda. Requieren de múltiples pasos como grabado ácido, acondicionamiento de la dentina para mejorar su retención en el tejido dentario, entre estos cementos tenemos al Panavia 21.

En el año 2002 aparecen los cementos de resina autoadhesivos. En este grupo se encontraría integrado el RelyX Unicem, Maxcem, Multilink Sprint. Estos cementos simplifican todos los pasos, es decir que a diferencia de los cementos de resinas hasta entonces conocidos, estos no necesitan grabar la superficie dental, sino que contienen dentro de sus componentes monómeros ácidos los cuales facilitan la adhesión del material.¹⁰

1.4 Clasificación de los cementos

Los cementos han sido clasificados en cuatro grupos:

- Cementos Fosfato de Zinc
- Cemento Policarboxilato
- Cemento Ionómero de vidrio.
- Cemento de resina. ⁶

1.4.1 Según su composición Química

Tabla 1- Composición química de los cementos

Cemento	Tipo de reacción	Composición
Cemento fosfato de zinc	Ácido-base	Polvo: óxido de zinc (ZnO) Líquido: ácido ortofosfórico (H ₃ PO ₄)
Cemento policarboxilato		Polvo: óxido de zinc (ZnO) Líquido: ácido poliacrílico C ₃ H ₄ O ₂
Cemento Ionómero de vidrio convencional		Polvo: óxido de aluminio (Al ₂ O ₃) Líquido: ácido poliacrílico C ₃ H ₄ O ₂
Cemento Ionómero de vidrio reforzado con resina	Ácido-base y química	Polvo: óxido de aluminio (Al ₂ O ₃) Líquido: ácido poliacrílico C ₃ H ₄ O ₂ , Hidroexetil metacrilato o grupo HEMA (C ₆ H ₁₀ O ₃).
Cemento de resina	Química	Hidroexetil metacrilato o grupo HEMA (C ₆ H ₁₀ O ₃), ácido carboxílico CO ₂ H, Na ₂₃ , relleno: vidrio silicato de bario Ba(SiO) ₄ , YbF ₃ .

1.4.2 Según su aplicación clínica

Los cementos tienen un amplio uso dentro de los distintos campos o especialidades en la odontología. Así tenemos:

Tabla 2 – Clasificación según su aplicación clínica

Especialidad	Uso
Odontología conservadora	Obturación provisional
Odontología preventiva	Selladores de fosas y fisuras
Endodoncia	Sellados de conductos de endodoncia
Rehabilitación oral	Cementados de prótesis fija
Ortodoncia	Cementar los aparatos de ortodoncia a las piezas dentarias
Cirugía	Apósitos para aislar heridas y favorecer la cicatrización.

3

En el cementado de la prótesis sobre implantes se ofrece una simplicidad de la técnica, bajo costo y sellado pasivo a diferencia de la prótesis atornillada sobre el implante.

La retención no sólo lo proporciona el cemento, sino también la rugosidad de la superficie, angulación de los pilares, espacio entre pilar y cofia que no debe ser mayor de 25 micras. Si el espesor es insuficiente dificulta la capacidad de amortiguar y distribuir las fuerzas oclusales.¹¹

La elección de un cemento temporal o definitivo es importante. Si se elige un cemento definitivo, se debe valorar que existe la posibilidad de remover la prótesis. Remover excesos difíciles puede dañar la superficie del pilar y la retención cuando vuelva a ser cementado.¹²

Los diversos estudios in vitro han demostrado que el cemento Oxifosfato de zinc es el ideal para la cementación de prótesis sobre implantes. Tiene una capacidad de retención, dos veces mayor que el cemento Ionómero de vidrio y cementos de resina.¹³

Otros estudios han encontrado que el cemento de resina tiene mas fuerza de retención que los cementos Oxifosfato de zinc, y esto puede deberse a la composición del cemento.

Los cementos de resina contienen primer, éste podría ejercer una unión química con el sustrato de metal. Además su alto módulo elástico y escaso desplazamiento del cemento de resina inhibe la fractura.^{13,14}

1.5 Cemento de fosfato de zinc

Es uno de los cementos mas usados en odontología. Su uso se reguló en el año 1935.

Entre sus componentes tenemos:

- Polvo: Óxido de Zinc 90%, óxido de Magnesio 10%, fluoruros, óxido de bismuto, sílice
- Líquido: Ácido ortofosfórico 64%, agua 30 – 35%

El ácido ortofosfórico tiene un ph entre 2 y 4, actúa como un irritante pulpar, por lo tanto se recomienda el uso de un aislante como el barniz cavitario sobre las restauraciones. Las sales de óxido de aluminio y óxido de zinc, se comportan como tampones, minimizando el efecto del ácido ortofosfórico y retardando la reacción del cemento.

La mezcla se suele hacer sobre una loseta fría para contrarrestar su efecto exotérmico. El tiempo de mezcla de los ingredientes es de 1 minuto y 30 segundos en cantidades de 2mg de líquido y 1 gramo de polvo. Una vez hecha la reacción debe ser llevado inmediatamente a la zona de trabajo ya que a medida que pasa el tiempo aumenta la viscosidad lo cual no es adecuado para el asentamiento de la prótesis.

Es importante realizar una adecuada mezcla de sus ingredientes. Si se agrega mas líquido se conseguirá mayor fluidez, disminución del ph resultando un cemento débil, irritante y soluble afectando sus propiedades mecánicas.

Tiene una retención de tipo mecánica, y esto depende del grosor del cemento el cual debe ser 25 micras según la especificación N° 96 de la ANSI/ADA.

Entre sus desventajas tenemos: no estéticos, reportan los mayores casos de microfiltración, rapidez con la preparación de la mezcla, sin embargo son fáciles de manipular, económicos y los excesos del material se retiran con facilidad.^{7,8,16}

Tabla 3 – Propiedades del cemento Fosfato de Zinc

Propiedades del cemento Fosfato de Zinc	
Tiempo de fraguado a 37°C	5,5 minutos
Espesor de película	25 micras
Fuerza de adhesión a la dentina	0 Mpa
Resistencia a la compresión	104 Mpa
Resistencia a la tracción	5,5 Mpa
Solubilidad al agua	0,06 % max
Módulo elástico	13,5 GPa

Tabla 4 – Marcas comerciales del cemento Fosfato de Zinc

Cemento de fosfato de Zinc	Casas comerciales
Fortex	Faciden SL
Harvard cement	Harvard Dental International GmbH
De Trey ® Zinc	Dentsply International
Kalsogen ® Plus	Dentsply De Trey

1.6 Cemento de Policarboxilato de zinc

También denominado cemento de poliacrilato de zinc. Fue introducido por Smith en el año 1968.

A diferencia del óxido de zinc presenta una mejor fuerza a la tracción y menor fuerza de compresión. El componente líquido es al ácido poliacrílico, el cual debido a su alto peso molecular previene la sensibilidad pulpar ya que sus moléculas son grandes y no pueden atravesar el espacio peritubular actuando como selladores. ¹⁷

Entre sus componentes tenemos :

- Polvo: Óxido de zinc, óxido de magnesio
- Líquido: Ácido poliacrílico

Tiene una reacción de tipo ácido-base al mezclarse sus componentes. La adhesión al diente es química, y esto sucede cuando los radicales libres del grupo ácido carboxilo se une al calcio del diente. ⁸

Sus componentes se mezclan en proporción de 2,5 gramos de polvo y 0,10 mg de líquido. Después de colocar el cemento en el lugar de trabajo deben eliminarse los excesos antes del fraguado, ya que una vez endurecidos es difícil su remoción.

No son ideales para cementados debido a que no soportan el estrés oclusal por su baja resistencia a la compresión y al igual que el cemento fosfato de zinc suelen reportar pobre sellado marginal relacionado con el grosor de la película, el cual al superar las 25 micras sufre desadaptación de su entorno.

Tabla 5 – Propiedades del cemento de policarboxilato

Propiedades del cemento de policarboxilato	
Tiempo de fraguado a 37°C	6 minutos
Espesor de película	micras
Resistencia a la compresión	55 Mpa
Resistencia a la tracción	6,2 Mpa
Módulo de elasticidad	5,1 GPa
Solubilidad	0.06 %

Tabla 6 – Marcas comerciales de cemento policarboxilato

Cemento de policarboxilato	Casas comerciales
Durelon TM	3M ESPE
Poly F [®] Plus	Dentsply De Trey

1.7 Cemento de Ionómero de vidrio

Sus componentes han sufrido muchas modificaciones. El cemento convencional está compuesto por:

- Polvo: Sílice, Alúmina, Fluoruros
- Líquido: Ácido poliacrílico, ácido itacónico, ácido tartárico.

La mezcla debe ser rápida entre 20 y 30 segundos a dosis de polvo /líquido 1,5:1.

Tienen una reacción química ácido-base, en el cual existe un intercambio iónico entre el Ca y grupo carboxilo. Esta reacción de fraguado se inicia cuando el líquido entra en contacto con el polvo. Los iones de H⁺ atacan las partículas de vidrio liberando Ca, Al y F descomponiéndose el vidrio por acción del ácido, formando un gel de sílice.

A continuación el Ca reacciona con los poliácidos y luego con el Al. Esta sal metálica de poliacrilato empieza a precipitar y se inicia la gelación hasta el endurecimiento. El agua es un componente importante en el fraguado ya que actúa como plastificante reduciendo la rigidez, por ello durante su colocación en el diente no debe desecarse ya que puede contribuir a un material quebradizo y el exceso de éste favorece a su disolución.

Entre sus ventajas tenemos la liberación de Flúor el cual favorece una actividad bacteriostática, resistencia a la compresión mayor que el fosfato de zinc, siendo la resistencia a la tracción similar, fácil manipulación y translúcido. El elevado peso molecular de su componente ácido inicialmente tiene un ph ácido pero rápidamente aumenta después de iniciada la mezcla evitando la toxicidad pulpar. Sin embargo es muy soluble a la humedad, por lo cual requiere aislamiento absoluto.¹⁷

❖ Clasificación según Mac Cabe:

- Cemento Ionómero de vidrio
- Cementos de Ionómero de vidrio modificados con resina
- Resinas compuestas modificadas con poliácidos (Compómeros)
- Resinas compuestas liberadoras de flúor

❖ Clasificación según su uso: Mount y De la Macorra

- Tipo I: Cementado para restauración fija
- Tipo II: Restauración estética o reforzado
- Tipo III: Protectores cavitarios

1.7.1 Cementos de Ionómero de vidrio reforzados con resina

Estos cementos se crearon con la finalidad de ofrecer mejor estética y estabilidad química. Para mejorar su capacidad de adhesión se utilizó el primer para remover el barrillo dentinario mejorando el ingreso del Ionómero que tiene una consistencia viscosa y como resultado forma una mejor capa híbrida.

Presenta dos tipo de endurecimiento, la típica reacción del ionómero de tipo ácido-base y la de las resinas fotoactivadas. Entre sus componentes tenemos:

- Polvo: Sílice, aluminio, flúor, fotoiniciadores
- Líquido: Ácido poliacrílico, copolímeros carboxilos, hidroxietil metacrilato (HEMA), agua.

En la siguiente tabla se establecen las diferencias entre el Ionómero de vidrio convencional y Ionómero de vidrio modificado con resina.

Tabla 7- Propiedades de CIV y CIV reforzado con resina

Propiedades	CIV convencional	CIV reforzado con resina
Tiempo de fraguado a 37°C	7 minutos	5 – 6 minutos
Espesor de película	24 micras	10 – 22 micras
Fuerza de adhesión a la dentina	1.1 – 4.5 Mpa	5 Mpa
Fuerza de adhesión al esmalte	2.6 – 9.6 Mpa	7 Mpa
Resistencia a la compresión	86 Mpa	120 - 155 Mpa
Resistencia a la tracción	6,2 Mpa	20 – 24 Mpa
Solubilidad al agua	0,4 – 1,5% en 24 horas	0,07 % en 24 horas
Modulo elástico	7,3 Gpa	0,037 Gpa

9,3,5,18

Tabla 8- Marcas comerciales de cemento Ionómero de vidrio

Cemento Ionómero de vidrio		Casa Comerciales
Ionómero de vidrio	Ketac Cem	3M ESPE
	Ketac Fil	3M ESPE
	Ketac Molar	3 M ESPE
	GC Fuji I Cápsulas/ polvo líquido	GC Europe
	GC Fuji Temp LT	GC Europe
	Aqua Ionofil Plus	VOCO Gmbh
	Ionofil Plus, Plus Ac	VOCO Gmbh
	Ionofil molar, molar Ac, molar Ac Quick	VOCO Gmbh
	Ionobond	VOCO Gmbh
	Meron	VOCO Gmbh
	Ionoscell	Septdont
	Ionotite	Tokuyama
	VivaGlass Cem PL	Ivoclar Vivadet
	Ionocem Glass	Itena
	Riva Luting	SDI
Ionómero de vidrio Fotopolimerizable	Photac Fil Quick Aplicap	3M ESPE
	Vitremer	3M ESPE
	GC Fuji IX GP	GC Europe
	GC Fuji ORTHO LC	GC Europe
	GC Fuji ORTHO LC Paste Pak automix	GC Europe
	GC Fuji ORTHO Band LC Paste Pak	GC Europe
	Ionolux	VOCO Gmbh
	Ionoseal	VOCO Gmbh
	Viva glass Liner	Ivoclar Vivadent
	Vitrebond	3M ESPE
Ionómero de vidrio reforzado con resina	Ketac Cem Plus	3M ESPE
	GC Fuji Plus EWT	GC Europe
	GC Fuji cem 2	GC Europe
	GC Fuji cem automix	GC Europe
	GC Fuji ORTHO	GC Europe
	GC Fuji ORTHO Band Paste Pak	GC Europe
	Meron Plus, Plus AC	VOCO Gmbh
	Riva Luting Plus	SDI
Ionómero de vidrio reforzado con plata	Ketac Silver	3M ESPE
	Argion	VOCO Gmbh
	Argion Molar AC	VOCO Gmbh
Compómeros	Compoglass F, Compoglass Flow	Ivoclar Vivadent
	Dyract	Dentsply De Trey
	Glasiosite	VOCO Gmbh
	Twinky Star	VOCO Gmbh
Ionómero de vidrio con alta liberación de Flúor	GC Fuji Triage	GC Europe

1.8 Cementos de Resina

Son definidos como cementos a base de polímeros diseñados con la finalidad de adherirse a la estructura dental.

Los cementos de resina comercialmente se venden en dos pastas que pueden ser mezclados manualmente o con dispensador automezclante.

1.8.1 Componentes de los cementos de resina

Tienen como componentes al monómero metacrilato, ácidos monómeros funcionales y relleno.

1. Monómero metacrilato : Usado como base de resina.

- Bisfenol A glicidilmetacrilato (BISGMA)
- Oligómero de uretano de BISGMA
- Dimetacrilato de uretano (UDMA)
- Monómero 2- hidroxietil metacrilato (HEMA)
- Dimetacrilado de glicerol (GDMA)
- Trietilenglicol dimetacrilato (TEGDMA)
- Trimetilpropano trimetacrilato (TMPTMA).

2. Ácidos monómeros funcionales: Desmineraliza y facilita la adhesión a la superficie del diente. Son predominantes los monómeros metacrilato, entre ellos tenemos:

- Grupos ácidos carboxilo: anhídrido trimelítico 4-metacriloxietil (4-META) y dimetacrilato glicerol piromelítico (PMGDM)
- Grupos de ácidos fosfórico: metacriloxietil hidrógeno fosfato fenilo (fenil p), 10 metacriloxietil dihidrógeno fosfato (MPD), bis (2 metacriloxietil) ácido fosfato (BMP) y dipentaeritritol monofosfato penta acrilato (penta-P).

Es muy importante la selección del ácido monómero ya que de éste depende la formación de un complejo insoluble acuoso entre el calcio y MPD, mientras que el 4-META y fenil-p forma un complejo de calcio con una mayor estabilidad a la disolución.

La cantidad de ácido monómero debe ser balanceado, si es excesivo produce un ambiente hidrofílico y compromete la resistencia mecánica y estabilidad dimensional. Por otro lado si es poca cantidad no proporciona un buen grabado ácido y por lo tanto perjudica la adhesión de la dentina y esmalte.

La mezcla inicialmente es hidrofílico facilitando su humectación y adaptación de la superficie del diente, seguidamente el material se hace hidrófobo consumiéndose el ácido funcional por una reacción del calcio del diente y iones lixiviables del relleno.

3. Relleno : Esta compuesto de vidrio fluoroaluminosilicato de bario, vidrio de estroncio aluminosilicato cálcico, cuarzo, sílice coloidal, fluoruro de Iterbio y otros rellenos de vidrio. La disolución parcial del vidrio neutraliza la acidez de la resina y libera iones de sodio, calcio, silicato y flúor formando parte del fraguado.

El contenido del relleno es del 60-75 %.

Es necesario la separación de los materiales para evitar la interacción prematura ácido-base entre los monómeros ácidos y el ion lixiviable de vidrio. El iniciador redox también debe ser segregado ya que es el promotor del curado químico de los radicales libres. Para promover el mecanismo de fotoiniciación del radical libre se necesita curación redox, amina terciaria o algún electrón donante usado como foto reductor los cuales deben ser aislados del ácido monómero para evitar la desactivación del fotoiniciador.¹⁰

Tabla 9- Propiedades del cemento de resina

Propiedades del cemento de resina	
Tiempo de fraguado a 37°C	2-4 minutos
Espesor de película	25 micras
Fuerza de adhesión a la dentina	18-30 MPa
Resistencia a la compresión	70-172 MPa
Resistencia a la tracción	34 a 37 MPa
Solubilidad al agua	0,01 %
Modulo elástico	2,1 – 3,1 GPa

1.8.2 Clasificación de los cementos de resina

1. Autocurado químico.
2. Curado por efecto de la luz (Fotopolimerizado)
3. Dual.¹⁸

El grupo de cemento de resina ha sido clasificados en 2 grupos.

Los cementos de resina se subdividieron en un nuevo grupo que son los cementos de resina autoadhesivos. Este nuevo sistema mejora las deficiencias de los cementos de resina y los cementos clásicos como fosfato de zinc y policarboxilato. Este nuevo sistema reduce los pasos de preparación de la cementación, y mantiene el barrillo dentinario evitando así la sensibilidad post operatoria. Por lo tanto en una sola fase se prepara el cemento y se aplica directamente sobre la superficie del diente, al igual que los cementos convencionales, es tolerante a la humedad y libera flúor como los cementos de Ionómero de vidrio.¹⁵

Los cementos de resina mas recientes son G Cem Automix de la casa comercial GC y el cemento Set & Set PP, éste ultimo presenta liberación de Flúor.

1.8.3 Ventajas de los cementos de resina

- Presentan una resistencia compresiva en un 50% mayor que el fosfato de zinc.
- Tienen doble resistencia a la tracción que los Ionómeros de vidrio y Fosfato de zinc.
- Presentan gran estabilidad frente a los cambios de la presión ambiental.
- Son idóneos para el medio bucal, al considerarse que son cementos anaeróbicos.
- Baja solubilidad a los fluidos orales.
- Presenta gamas de colores.

1.8.4 Desventajas de los cementos de resina

- Módulo de elasticidad es menor que el Fosfato de zinc.
- Inhibición parcial en presencia de Óxido de zinc y eugenol.
- Inhibición parcial por desensibilizantes dentinarios y protectores pulpares
- Estudios in vitro han demostrado escasa retención en estructuras cementadas sobre implantes.
- Excesos difíciles de remover.
- Costo elevado.^{6,17}

Tabla 10- Marcas comerciales de los cementos de resina

Cemento de Resina		Casa Comercial
Cemento de resina	Panavia™ 21, F2.0,EX	Kurakay Dental
	Bistite® II DC	Tokuyama Dental Corporation
	NX3 XTR 3era generación	Kerr Hawe SA
	Dentocem	Itena
	Clearfil Esthetic cement	Kurakay Dental
	Variolink N	Ivoclar Vivadent
	Multilink Speed	Ivoclar Vivadent
	eCement	Bisco INC
	Duo Link Universal	Bico INC
	ResiLute	Pulp dent corporation
Cemento de resina autoadhesivo	Relyx™ Unicem 2 Automix, Ultimate	3M ESPE
	Maxcem Elite	Kerr Hawe SA
	BisCem	Bisco INC
	GC G-Cem Automix, G-CemLink Ace	GC Europe
	Embrace WetBond Resin Cement	Pulp dent corporation
	Bifix QM, Bifix SE	Voco
	Icem	Heraeus Kulzer
	Speed cem	Ivoclar Vivadent
	Smart cem 2	Dentsply De trey
	Total Cem	Itena
	Set & Set PP autograbante	SDI Dental
	Panavia™ SA Cement	Kurakay Dental

1.8.5 Propiedades de los cementos de resina

❖ Propiedades físicas

La mezcla, el tiempo de espatulado, la temperatura, contaminación externa y tipo de relleno pueden influenciar las propiedades físicas de los cementos de resina.

Behr y colaboradores en el año 2008 realizaron un estudio en el que compararon diferentes cementos, entre ellos Panavia F y Maxcem. Evaluaron las propiedades de los cementos ante las variaciones de los ingredientes de la mezcla, independientemente del tipo de cemento. Se concluyó que el cemento Panavia F con disminución de catalizadores en la mezcla y expuesto a la fotopolimerización no afectó su resistencia a la flexión. Esto se debe a que durante la fotopolimerización se produce gran cantidad de radicales libres que compensan la falta de catalizadores en la mezcla.

En el estudio anterior Maxcem se vio afectada ante las variaciones de las cantidades de catalizador. La disminución del 10% de su catalizador produjo disminución a la resistencia de flexión de manera estadísticamente significativa. Se concluyó que Maxcem es un cemento con un comportamiento muy sensible a su correcta manipulación durante el procedimiento de mezcla de sus componentes.¹⁹

El mecanismo de mezcla puede afectar las propiedades físicas de los cementos de resina. Existen dos sistemas de mezcla: manual y automezclador. En la mezcla manual el cemento podría no ser mezclado uniformemente y formarse burbujas de aire atrapados en el material. En la automezcla la pasta podría no ser mezclada completamente ya que ésta podría quedar limitada por la longitud y anatomía de la boquilla mezcladora.²⁰

La temperatura que presenta el material antes de ser usado, afecta sus propiedades físicas. Cuando se utilizan los cementos directamente extraídos del frigorífico con 4°C, se observa gran viscosidad y una débil conversión del monómero, es preferible controlar que el cemento este a temperatura ambiente

antes de ser usado, de lo contrario puede afectar sus propiedades adhesivas, mecánicas, cinéticas de polimerización y fluidez.²¹

La resistencia a la tracción de los cementos de resina puede verse modificados por tratamientos de arenado, empleo de adhesivos, presencia de residuos tóxicos de óxido de zinc eugenol, protectores pulpaes (hidróxido de calcio y oxalato de potasio)¹⁶

La cantidad y tamaño de las partículas de relleno puede afectar las propiedades mecánicas. Los fabricantes tienden a incorporar porcentajes grandes de relleno que van desde el 60% hasta el 70% con la finalidad de imitar la estructura del esmalte y dentina.

A mayor cantidad de éstas se mejoran las propiedades de compresión y flexión, aunque teóricamente incrementaría la viscosidad, y es una propiedad no deseada en el cemento ideal.²⁰

❖ Contracción

Es un fenómeno que se pueden encontrar en los cementos de resina durante el polimerizado, dando lugar a la microfiltración. Durante el endurecimiento del material se puede formar espacios de hasta 1.6 micras en la interfase dentina-cemento dental. El porcentaje de contracción puede depender de la cantidad de relleno, así tenemos que las resinas fluidas presentan una contracción del 6% y las resinas adhesivas un 13% .

En un estudio realizado por Spinell²² comparó la contracción durante la polimerización de los cementos Multilink automix y sprint, Maxcem, Variolink 2, RelyX. En el caso del RelyX se cree que su componente sílice redujo la contracción. Multilink automix y Multilink sprint tienen iguales grados de contracción por que sus componentes son similares. Maxcem tiene el mas alto grado de contracción.

Maxcem presenta dos fases, una fase de curado dual con baja contracción y otra fase de autocurado con alta contracción. Cuando el sistema de curado dual

alcanza su máximo punto de contracción en sus momentos iniciales no se ve compensando, formándose microgrietas en la estructura.²²

❖ **Flujo**

Existe mucha controversia de las cantidades de micras que debe tener el espacio marginal y ser considerado clínicamente aceptable. Se han citado desde 39 hasta 74 micras.

Wu y Wilson⁶ comunicaron un asentamiento óptimo de las estructuras cementadas con cementos de resina con un espesor de 30 micras y para las cementadas con fosfato de zinc un espesor de 40 micras.

Los cementos de fosfato de zinc impiden el asentamiento completo de las coronas, a diferencia de los cementos de resina, los cuales presentan propiedades tixotrópicas, buen fluido, efecto lubricante reduciendo el coeficiente de fricción entre la prótesis y la preparación dentinaria.⁶

❖ **Adaptación marginal**

La desadaptación marginal en la interfase prótesis y cemento, es una puerta de ingreso para los microorganismos y sus toxinas. Hasta el momento los cementos de resina han demostrado mejor integridad en el área marginal que otros tipos de cementos.²³

El uso del agente adhesivo con el cemento de resina reduce la presencia de microespacios. Después de aplicarse el grabado ácido, el adhesivo tiene una característica de flujo e hidrofiliidad alta y favorece una buena interacción con la dentina formando una estructura de capa híbrida consistente y buen sellado.

Los cementos autoadhesivos tienen la capacidad de cementar sin necesidad de tratamiento previo del tejido dentario, ni aplicación de agentes adhesivos adicionales. La buena adaptación marginal se debe a la presencia de metacrilato de ácido fosfórico que interactúa con los iones de calcio del diente. Esto genera una efectiva adhesión al esmalte y a la dentina.²³

Un medio oral ácido como la placa bacteriana, afecta la integridad del cemento. Estudios in vitro observaron solubilidad en cementos convencionales y cementos de resina almacenados en un medio ácido (ph 4) por 30 días. Sin embargo el grupo de cemento de resina fue menos afectado.²⁴

La porosidad de los cementos crea microespacios a nivel marginal. El cemento de resina presenta porosidades con un tamaño menor de 20 nanómetros. Si tenemos en cuenta que el tamaño de una bacteria esta entre 0.5 a 1 micra, entonces se podría deducir que el cemento de resina es el material ideal para una buena protección marginal ante la presencia de bacterias y toxinas elaboradas por las mismas.²⁵

❖ **Biocompatibilidad**

Cuando nos referimos a que un cemento es biocompatible, quiere decir que este material no produce daños pulpares. Sin embargo pueden existir situaciones que afecten la integridad del diente, como la presencia de ph bajo o humedad dentinaria.

La presencia de valores bajos de ph al inicio del fotocurado esta presente en los cementos de resina con sistema de grabado ácido. El cemento RelyX Unicem no presenta un sistema de pre tratamiento como el grabado ácido antes de ser aplicado al diente, siendo su ph alto al inicio de la polimerización. La explicación es que uno de sus componentes el ácido monómero al contactar con el calcio dental, genera un efecto buffer, elevando su ph hasta 5, evitando así la irritación pulpar.^{20,26,}

La presencia de humedad afecta la polimerización de los monómeros adhesivos. Cuando se aplica el grabado ácido genera un movimiento de fluido hacia fuera de los túbulos creando un ambiente húmedo. A continuación se aplica el agente de unión. Esta situación de humedad evita la conversión adecuada polímero / monómero. El siguiente paso que es la foto activación, provoca movimiento de fluidos hacia el interior de los túbulos llevando a los monómeros de resina no convertidos hacia la pulpa desencadenando una reacción inflamatoria mediada por macrófagos.^{27,28}

❖ **Absorción acuosa**

El cemento de resina absorbe agua, aumentando el volumen de la matriz de la resina, y rompe los enlaces de hidrógeno, quedando agua entre los grupos hidroxilo. Este ingreso del agua por sorción causa degradación hidrolítica de la matriz de resina en la interfase matriz / relleno y como consecuencia se produce pérdida de masa y desprendimiento del relleno disminuyendo su resistencia a la flexión.

Los cementos de resina con menos relleno presentan mayor absorción acuosa, favoreciendo la expansión, esta situación afecta las propiedades mecánicas. Sin embargo, existen autores que mencionan que esta absorción acuosa es beneficioso para contrarrestar la contracción producida durante la polimerización.^{29,30}

❖ **Estética**

La estética es muy importante en el sector anterior. Actualmente existen variedad de tonalidades en los cementos de resina para ser utilizados en restauraciones translúcidas. Además existen accesorios de colores para poder corregir las tonalidades emparejando a la precisión el color del cemento juntamente con la restauración.

En la zona posterior las exigencias estéticas son menores, es por ello que el cemento utilizado puede ser de color universal. Estos colores son generalmente claros y con buena translucidez.

Los cementos de curado dual pueden cambiar de color a largo plazo. Esto quizás esta relacionado con el acelerador de amina necesaria para la polimerización, la cual es considerada una de las causantes de que el cemento cambie de color. Sin embargo muchos investigadores han coincidido que los cambios de color en los cementos de resina con el pasar del tiempo son poco perceptibles.^{6,30}

1.8.6 Adhesión de los cementos de resina a diferentes substratos

✓ Esmalte y dentina

En el esmalte los cementos de resina con sistema de grabado ácido se unen a la hidroxiapatita desmineralizada por los agentes ácidos y en la dentina la resina también se une a una capa de dentina parcialmente desmineralizada formando la capa híbrida. Tanto en esmalte como dentina la retención es micromecánica. Se requiere de muchos pasos para lograr este objetivo:

- Aplicación de un agente ácido o acondicionador dentinario para remover el barrillo dentinario y ampliar los túbulos. La profundidad de esta desmineralización puede llegar a ser de 2 a 5 micras. El ácido disuelve la apatita que cubre las fibras de colágeno de la matriz de la dentina abriendo unos canales de 20 a 30 nm alrededor de las fibras colágenas. Para conseguir una optima desmineralización es necesario un tiempo de aplicación del acondicionador de 15 segundos.
- Después de la desmineralización se aplica el primer, es un agente de tipo HEMA. Este agente es bifuncional es decir tiene capacidad hidrofílica para unirse a la dentina e hidrofóbica para unirse al adhesivo. La idea de esta aplicación es sustituir el agua por monómeros de resina y llevar el material adhesivo al interior de los túbulos.
- Una vez colocado el primer sobre la superficie dentinaria se debe secar muy suavemente para retirar cualquier exceso de agua o sustancia orgánica que pueda afectar la unión entre el primer y el adhesivo.
- A continuación se aplica resina adhesiva el cual penetra en los túbulos dentinarios, los cuales ya han sido estabilizados previamente por el Primer.⁸

Los cementos autoadhesivos contienen metacrilatos, los cuales son modificados por el ácido fosfórico multifuncional, permitiéndose así el grabado del tejido dental. En este proceso el ácido monómero entra en contacto con el agua de los túbulos dentinarios y se liberan iones promoviendo el grabado de la dentina.

La diferencia que puede existir entre los grupos con sistema de grabado ácido y autoadhesivo, es que en el primer grupo hay formación de capa híbrida extensa y en el segundo hay poca desmineralización y capa híbrida escasa.

RelyX Unicem demuestra poca adhesión al esmalte, sin embargo al aplicarse ácido grabador mejora su adhesión, igualándose al cemento Panavia. A nivel de dentina, RelyX Unicem aplicado con grabado ácido o no, la adhesión es baja a diferencia de Panavia, el cual demuestra una buena adhesión.³¹

✓ Circonio

Existe una interacción química entre superficies del circonio y ciertos componentes de los cementos de resina que favorece la adhesión. Así tenemos que el cemento Panavia contiene al monómero MDP y RelyX Unicem tiene un éster fosfórico metacrilato, estos componentes son capaces de unirse al óxido de circonio.

Días de Souza³² demostró que la presencia del Primer Alloy interacciona con el cemento de resina RelyX Unicem, para unirse al circonio. Alloy Primer contiene compuestos como el sulfuro, los cuales forman doble enlace de carbono uniéndose al éster fosfórico metacrilato del RelyX Unicem consiguiéndose una alta fuerza de unión. Al microscopio se comprobó que existe una modificación de la superficie del circonio con una alta concentración de carbono y azufre procedente de los componentes del alloy Primer distribuidos homogéneamente.

1.9 Consideraciones sobre microfiltración

La microfiltración es definida como el paso de bacterias, fluidos, sustancias a través de un espacio entre la prótesis y el diente. Esto podría traer como consecuencia caries secundaria y compromiso pulpar.

Pueden existir muchos factores que favorezcan la microfiltración :

1. El grosor adecuado del cemento dental, ayuda a un correcto asentamiento de las prótesis. Según la American Dental Association (ADA) especificación nº8, el grosor ideal del cemento para una corona no debe superar las 25 micras en los cementos tipo I y no mayor de 50 micras en los cementos tipo II. Se establece que el límite es 25 micras. A medida que aumenta el grosor del cemento aumenta la discrepancia marginal.^{17,33}

2. La fuerza para asentar la prótesis menor de 10N resulta en un inadecuado asentamiento de la prótesis y una presión de 100 N provocaría daño pulpar. Black y colaboradores establecieron que la fuerza similar a la presión digital es de 20N.³⁴

3. La técnica de cementado ofrece mejores resultados cuando se aplica el cemento en la mitad apical de la restauración, consiguiéndose una mejor fricción entre diente y restauración.¹⁷

4. Después del cementado las coronas sufren una elevación. En un estudio realizado por Dedmon y colaboradores detectaron que las coronas después de la cementación se elevan hasta 20 micras.³⁵

A continuación se citan los distintos métodos de los que disponemos para la evaluación del sellado marginal:

- Aire a presión
- Estudios bacteriológicos
- Estudios con radioisótopos
- Análisis de la activación de neutrones
- Estudios electroquímicos
- Microscopio electrónico de barrido

- Termociclado y ciclado mecánico
- Marcadores químicos
- Estudios de penetración de colorante

- El método de penetración de colorante es el mas usado.

1.10 Consideraciones sobre desajuste marginal

El ajuste marginal óptimo es muy importante para la supervivencia de la restauración en boca. Un inadecuado ajuste entre la corona y el diente expone al cemento ante el medio oral favoreciendo su disolución.

El ingreso de bacterias a través de estos espacios generan caries que pueden llegar hasta la pulpa iniciándose una hipersensibilidad pulpar y continuando en una necrosis de la misma. Esta relación entre caries y apertura marginal no esta claramente demostrada.

Otra complicación es la enfermedad de los tejidos gingivales y periodontales. Los defectos marginales como la terminación supragingival o subgingival, favorece el acúmulo de placa bacteriana, ya que no facilita la limpieza oral.³⁶

Pueden ser muchas las causas que generan el aumento de discrepancia vertical:

1. La terminación final de los pilares deben presentar cierto grado de curvatura (90°), chamfer y estar a nivel amelocementario. Según la literatura se ha demostrado que la forma de las líneas marginales (hombro, hombro biselado o chamfer) no afectan el sellado marginal en las prótesis cerámicas, sin embargo un hombro con profundidad mayor de 1mm puede favorecer la formación de espacios marginales.^{37,38,39}

2. Las técnica de confección de las prótesis también puede influir en la microfiltración. Las coronas elaboradas con tecnología CAD CAM tiene una contracción homogénea. Las coronas metalocerámica fabricadas con la técnica de la cera perdida sufren distorsiones de las estructuras y afecta el ajuste inicial.^{40,41}

3. Un cemento altamente viscoso representa poca fluidez entre la restauración y el diente ejerciendo resistencia en el correcto asentamiento de la prótesis, no consiguiéndose una fina película. Esta situación trae como consecuencia una apertura marginal y favorece la microfiltración.⁴²

4. Estudios in vitro han coincidido que durante la simulación de la masticación predomina las fuerzas compresivas que se concentran en las áreas marginales. Las prótesis sometidas a fuerzas compresivas constantes, con un cemento que presenta inadecuada resiliencia, compromete la retención de la prótesis y un buen sellado.⁴³

5. La desunión entre la cofia y el diente favorece la presencia de discrepancia vertical. Un cemento de resina adhesiva y una adecuada preparación de los pilares favorecen en un 90% las propiedades de retención. La inclinación de las paredes axiales con una angulación entre 12° y 20° y la formación de una capa híbrida entre 5 y 10 micras consigue un ajuste adecuado. Se debe tener en cuenta el tipo de superficie, en el caso del esmalte presenta una superficie óptima para la adhesión a diferencia de la dentina que es húmeda mayormente, aumentando las dificultades de la adhesión.^{44,45}

1.11 ¿Cómo se mide el ajuste marginal?

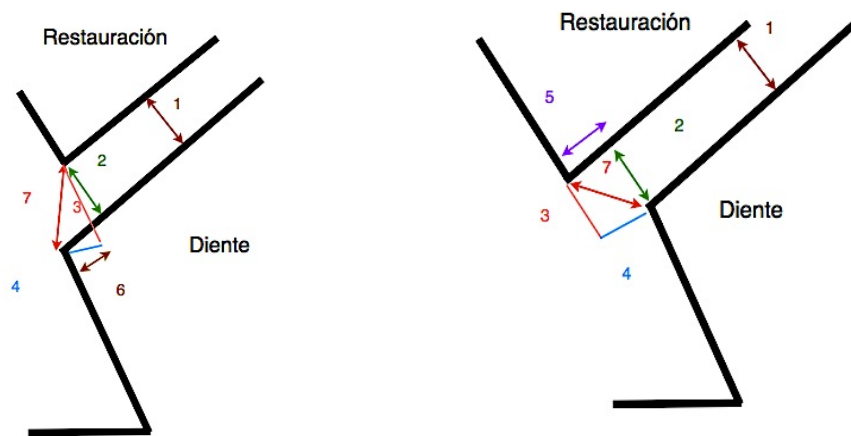
Se ha detallado una terminología para definir la posición de varios puntos entre la superficie del diente y la restauración para determinar la discrepancia marginal.

Holmes describió varios tipos de medidas: espacio interno, espacio marginal, discrepancia marginal vertical, discrepancia vertical horizontal, margen sobreextendido, margen infraextendido y discrepancia marginal absoluta.

La denominada discrepancia marginal absoluta, es el mejor índice para valorar la adaptación marginal. Es la combinación del espacio marginal y la extensión del margen sobreextendido o margen infraextendido. Cuando no existe

sobreextensión o infraextensión la discrepancia marginal absoluta es igual al espacio marginal.⁴⁶

Mc Lean y cols establecieron valores de discrepancia vertical y consideraron espacios marginales clínicamente aceptables entre 80 y 120 micras y otros autores alrededor de 100 micras.^{37,47}



Discrepancia marginal según Holmes & cols. (1989).

1-interno, 2-Desajuste externo, 3-Desajuste marginal vertical, 4-Desajuste marginal horizontal, 5-Margen sobreextendido, 6-Margen infraextendido, 7-Desajuste marginal total.

- ✓ **Desajuste interno:** Es la distancia existente entre la restauración y la preparación medida en la región interna.
- ✓ **Desajuste externo:** Es la medida existente entre la restauración y la preparación medida a nivel del margen.
- ✓ **Desajuste marginal vertical:** Es la distancia que hay entre el margen de la restauración y el ángulo cavosuperficial de la preparación medida paralelamente al eje longitudinal del diente.

- ✓ **Desajuste marginal horizontal:** Es la distancia que hay entre el margen de la restauración y el ángulo cavosuperficial de la preparación medida perpendicularmente al eje longitudinal del diente.
- ✓ **Desajuste sobreextendido:** Es la distancia que existe desde el desajuste externo hasta el margen de la restauración, es decir, es el tramo de la prótesis que rebasa la línea de terminación.
- ✓ **Desajuste infraextendido:** Es la distancia que existe desde el ajuste externo hasta el ángulo cavosuperficial de la preparación. En este caso es el diente el que sobrepasa a la restauración.
- ✓ **Desajuste marginal absoluto o total:** Es la máxima distancia que hay entre el margen de la restauración y el ángulo cavosuperficial del diente. Dicha medida corresponde a la combinación angular del desajuste vertical y horizontal.

1.12 ¿Existe asociación entre la microfiltración y la discrepancia marginal?

La discrepancia vertical y la microfiltración, son las causas mas importantes de fracaso de las restauraciones dentales. Ambas situaciones son volubles con el transcurso del tiempo.

Autores como Shane ³⁶, Yuksel ⁴⁸ y Rossetti ⁴⁹ coinciden que la discrepancia marginal y la microfiltración se asocian de la siguiente manera: al existir una apertura entre la terminación marginal de la restauración y diente favorece la disolución del cemento, por lo tanto ante la presencia de una brecha en esta interfase atrae la microfiltración, ingresando de esta manera factores externos del medio oral.

Se ha relacionado la falta de ajuste marginal y la microfiltración con la técnica de confección de la restauración o la técnica de cementado, pero principalmente se han asociado al tipo de agente cementante. Hasta el momento se ha demostrado que los cementos de resina tienen los valores mas bajos de microfiltración y debido a su capacidad tixotrópica se ha observado un mejor asentamiento de la prótesis dental, comparado con cementos de ácido base. ^{36,48,49}

2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

Como se ha expuesto en distintos momentos de la introducción conseguir una discrepancia marginal mínima y un buen sellado son requisitos importantes para prevenir distintas complicaciones que van desde la filtración de bacterias a los problemas de supraoclusión de las prótesis cementadas. Si un cemento nos ofrece propiedades para lograr un buen asentamiento de la restauración y además es resistente ante los agentes externos, se conseguirá una mejor conservación de la prótesis.

Dado que el ajuste marginal y la microfiltración son factores importantes para la supervivencia de las prótesis fijas y ambas situaciones están directamente relacionados con el tipo de cemento empleado, se propone la realización de un estudio que analice ambas características de los cementos de resina, así como su posible asociación. Para ello se proponen los siguientes objetivos:

1. Evaluar la **microfiltración** expresada en micras elevado al cuadrado, de los cementos de resina analizados en este estudio.
2. Evaluar el **desajuste marginal absoluto** expresada en micras, de los cementos de resina analizados en este estudio.
3. Analizar si es posible establecer una **asociación** entre el nivel de **microfiltración** y el **desajuste marginal absoluto** entre los cementos de resina utilizados en este estudio

3. HIPÓTESIS DE TRABAJO

Una vez expuesta la justificación y la propuesta de objetivos a obtener mediante la realización de este estudio, se propone estructurar este trabajo con respecto a las siguientes hipótesis nulas (H_0)

- H_{01} = No existirán diferencias estadísticamente significativas en la microfiltración, obtenida por los distintos cementos utilizados en el estudio después del cementado de las coronas de recubrimiento total.
- H_{02} = No existirán diferencias estadísticamente significativas en el desajuste marginal absoluto obtenido por los cementos elegidos en el estudio después del cementado de las coronas de recubrimiento total.
- H_{03} = No existe asociación entre el desajuste marginal absoluto y la microfiltración observada en los distintos tipos de cemento de resina

4. MATERIAL Y METÓDO

4.1 Recolección de piezas dentarias:

Para la realización del trabajo se recolectaron 20 dientes naturales (3^{er} molar) extraídos con fines preventivos. Las piezas dentarias fueron almacenadas en suero fisiológico durante dos semanas.

4.2 Tallado de las piezas dentarias:

Para poder trabajar adecuadamente, las piezas dentarias se embutieron en silicona pesada cubriendo la raíz y dejando la corona anatómica descubierta.

Se realizó los tallados de las piezas dentales siguiendo los principios de preparación de pilares que se detallan a continuación

a. Desgaste de cara oclusal :

Se realizó el tallado anatómico partiendo de los surcos de orientación con una profundidad de 1,5 mm. Se utilizó fresa cilíndrica de diamante Komet (Ref. 836-012)

b. Desgaste interproximal :

Con la fresa anterior, se continuó el tallado en sentido vestibular hacia lingual/palatino. Una vez sobrepasado el punto de contacto se concluyó el tallado interproximal con la fresa de diamante Komet tipo chamfer de grano medio (Ref. 879-012) al mismo tiempo se marcó la línea de terminación a ese nivel.

c. Desgaste de cara vestibular y lingual/palatina :

Con la fresa mencionada anteriormente se tallaron los surcos de orientación y se profundizaron la superficies de las caras axiales en 0,8 a 1 mm y se mantuvo una conicidad de 6°.

Se consiguió una línea de terminación en chamfer y bisel.

Se redondeó los ángulos de la preparación con fresa de diamante grano medio Komet para turbina en forma de llama (Ref. 368-023). Se pulió los ángulos

con fresas Komet de grano fino (Ref. 368EF-016)

Las 20 preparaciones obtenidas se asignaron de manera aleatoria a cada uno de los 4 cementos de estudio mediante la aplicación para Iphone “Randnum”

Cada probeta se codificó con una numeración del 1 al 5 y la inicial del cemento correspondiente.

- ✓ Grupo Rx: RelyX Unicem
- ✓ Grupo Mk: Multilink
- ✓ Grupo P: Panavia
- ✓ Grupo Mx: Maxcem

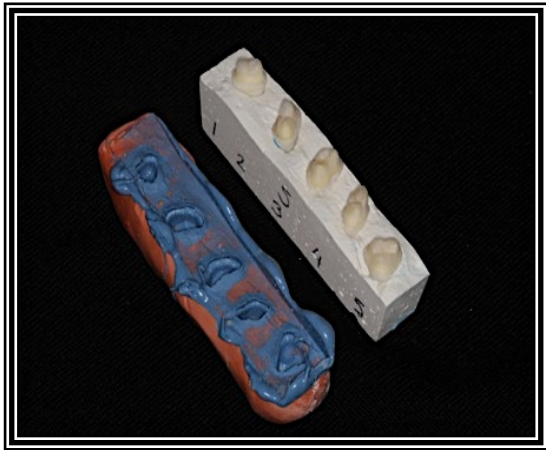
4.3 Toma de impresión

El siguiente paso fue embutir las piezas dentales talladas en escayola, dejando el muñón hasta 3 mm por debajo de la línea de terminación al descubierto.

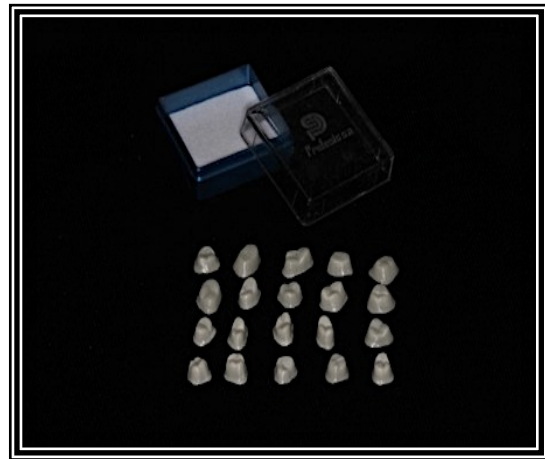
Para realizar las impresiones, se utilizó silicona por adición hidrocompatible con sistema de automezclado y silicona fluida Express 2 con sistema de mezcla en pistola, ambas de la casa comercial 3M ESPE. Se determinó confeccionar las coronas en cerámica circoniosa compuesta de óxido de circonio altamente sinterizado (95%) y estabilizado parcialmente con óxido de itrio (5%) obtenidas por tecnología CAD CAM (Computer Aid Design – Computer Aid Machining) Lava (3M, St Paul, Minnessota, USA)

Este sistema digitaliza la información del muñón mediante el uso de un escáner extraoral Lava™ Scan ST (3M ESPE). Estos datos se transfieren a un ordenador donde se realiza el diseño con el programa Lava™ CAD. Concluido el diseño, el ordenador da las instrucciones a la unidad de fresado, que inicia de forma automática el mecanizado de la estructura cerámica.

Se confeccionaron 20 cofias de circonio del sistema Lava (3M ESPE) siguiendo el protocolo de fabricación. (fig. 4.3)



A



B

Figura 4.3 Confección de coronas; A) impresiones de las piezas talladas y, B) copias de circonio del sistema Lava (3M ESPE), confeccionadas en el Laboratorio Prótesis S.A.

4.4 Individualización de las probetas

Para facilitar el cementado se recortaron los bloques de escayola en pequeños cubos, de esta manera se individualizaron. Cada cubo fue marcado con números del 1 al 5 y la inicial del cemento con el que iba a ser cementado. (fig. 4.4)

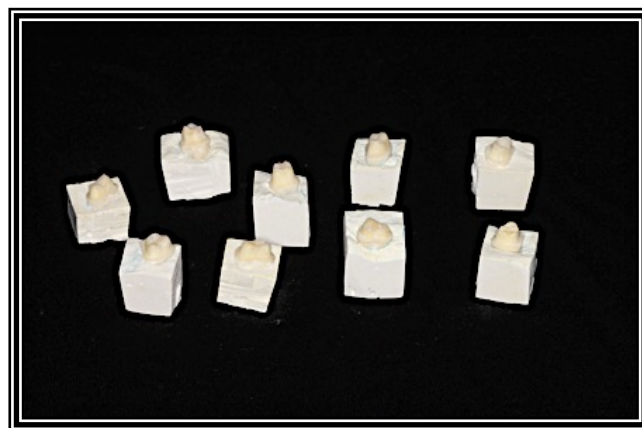


Figura 4.4 Recorte de los bloques de escayola

4.5 Cementado de las coronas

Todas las coronas fueron cementadas por el mismo operador en condiciones ambientales de laboratorio. La mezcla de los productos se realizó siguiendo las instrucciones de los fabricantes.

De acuerdo con los estudios realizados por Suarez en el año 1994, se decidió aplicar el cemento con un grosor fino y uniforme en las paredes axiales de las cofias.¹⁷

Con el fin de poder ejercer la misma presión en todas las coronas, se diseñó una mordaza que fue diseñada en el taller de asistencia de investigación de la Universidad Complutense de Madrid.

Este dispositivo estaba formado por dos piezas troncocónicas unidas por dos barras laterales. De la pieza superior partía un tornillo pasante que apretaba el conjunto probeta-restauración contra la base inferior. A su vez la cabeza de este tornillo central se ajustaba perfectamente con un destornillador dinamométrico con escala ajustable de la casa Bahco (Ref. 6973).

Después de comprobar que las coronas se ajustaban perfectamente con su respectiva cofia y de programar el destornillador dinamométrico con una fuerza de 30 N/cm^2 , se procedió al cementado. Seguidamente todo el conjunto se situó en la mordaza y apretamos el tornillo pasante para fijar la muestra, luego se acopló el destornillador en el tornillo pasante y se realizó un giro, para aplicar una fuerza de 30 N/cm^2 . (figura 4.5)

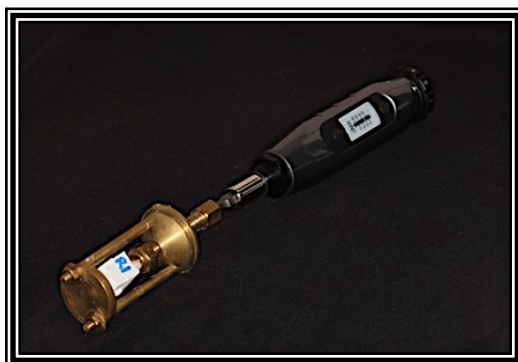


Figura 4.5 mordaza y llave dinamométrica.

4.5.1 Cementado de las coronas con Panavia 21

Panavia es un de tipo de cemento adhesivo con sistema de grabado ácido indicado para la cementación de puentes y coronas tanto metal como porcelana, postes intra-radicales. Dentro de su kit tenemos:

Tabla 11-Componentes de Panavia

Panavia 21 pasta	Pasta catalizadora
	10 Metacriloiloxi decilo dihidrogenofosfato
	Hidrofóbico aromático dimetacrilato
	Hidrofóbico alifático dimetacrilato
	Relleno de sílice silanizado
	Sílice coloidal, catalizadores
	Pasta Universal
	Dimetacrilato hidrofóbico aromático
	Óxido de titanio silanizado
	Dimetacrilato hidrofóbico alifático
	Relleno de vidrio de bario silanizado
	Catalizadores, pigmentos, aceleradores
ED Primer líquido A y B	Líquido A:
	2 Hidroxietil metacrilato (HEMA)
	Metacriloiloxi decilo dihidrógeno fosfato
	N metacrilato -5 amino ácido salicílico
	Agua y aceleradores
	Líquido B
	N metacriloilo-5 ácido amino salicílico
	Agua, catalizadores y aceleradores
Oxyguard II	Glicerol
	Glicol polietileno
	Catalizador, acelerador y colorantes
Agente grabador Panavia	Ácido fosfórico
	Polivinilpirrolidona
	Sílice coloidal, agua y colorantes

El procedimiento fue el siguiente:

1. Se realizó el grabado ácido de la pieza dental por un tiempo de 30 segundos, a continuación se precedió a lavar y secar.
2. Se colocaron en los dispensadores el líquido primer A y B y se mezclaron durante 5 segundos. Luego se aplicó esta mezcla en la superficie del diente donde permaneció 60 segundos. Posteriormente se aplicó un chorro de aire suave para evaporar los ingredientes volátiles.
3. La pasta del cemento Panavia 21 viene en un dispensador especial. Se realizó un giro completo del botón hacia la derecha hasta escuchar un clic, de esa forma se consiguió una distribución de cantidades exactas del material. Se mezcló la pasta durante 30 segundos hasta conseguir una consistencia suave y homogénea.
4. Se aplicó la pasta Panavia 21 sobre la superficie de la restauración y se asentó la cofia sobre el muñón del diente. Se presionó durante 1 minuto y se retiró los excesos del material con una brocha.
5. Se aplicó Oxyguard II con una brocha pequeña en el margen de la restauración y se dejó por 3 minutos. Se aclaró con chorro de agua. Oxyguard II es un agente bloqueador de oxígeno que permitió la polimerización de la pasta de cemento Panavia 21.
6. Se aplicó luz halógena por un tiempo de 40 segundos. Se utilizó el lote: 041352 / exp: 2013-08. (figura 4.5.1)



Figura 4.5.1. Kit de cemento Panavia.

4.5.2 Cementado de las coronas con RelyX Unicem:

El cemento RelyX Unicem es un cemento autoadhesivo.

Esta indicado en la cementación de inlays, onlays, puentes, coronas y postes tanto de material metálico como cerámico. También esta disponible en varios colores A₁, A₂ universal, A₃ opaco, blanco opaco y traslúcido.

El sistema viene en polvo y líquido, en las presentaciones aplicap y maxicap.

En el estudio se utilizó el sistema RelyX Unicem Aplicap, que ha diferencia de las demás presentaciones de estos cementos no necesita mezclarse manualmente, ni requiere dispensador.

En la composición del cemento RelyX Unicem podemos encontrar una matriz que esta compuesta por metacrilatos multifuncionales de ácido fosfórico y relleno inorgánico en un 72% de su peso con granos de hasta 9,5 micras.

Tabla 12- Componente de RelyX Unicem

Polvo	Polvo de vidrio
	Iniciador
	Sílice
	Pirimidina substituida
	Hidróxido de calcio
	Compuesto de calcio
	Compuesto peróxido
	Pigmento
Líquido	Éster fosfórico metacrilato
	Dimetacrilato
	Acetato
	Estabilizador
	Iniciador

El procedimiento fue el siguiente:

1. El sistema Aplicap tiene un activador para la activación de la cápsula y un aplicador para la aplicación del contenido premezclado.
2. Se insertó la cápsula en el activador con la punta aplicadora apuntando hacia abajo de manera que la punta descansase en la ranura. Luego se presionó la palanca activadora hacia abajo hasta el tope y se sostuvo de 2 a 4 segundos. Este proceso se realizó con la finalidad de mezclar el polvo y el líquido.
3. A continuación la cápsula se colocó en la mezcladora.
4. Después del mezclado, se colocó la cápsula dentro del aplicador. Es importante colocarla correctamente. Luego se activo la palanca dosificadora para aplicar la pasta.
5. El cemento se aplicó directamente sobre la restauración, sin previo tratamiento de la pieza dentaria.
6. Se asentó la restauración sobre la pieza dentaria y se retiró los excesos con una sonda. Se aplicó la luz halógena por un tiempo de 40 segundos. Se utilizó el lote 376465 / 2011-04. (figura 4.5.2)

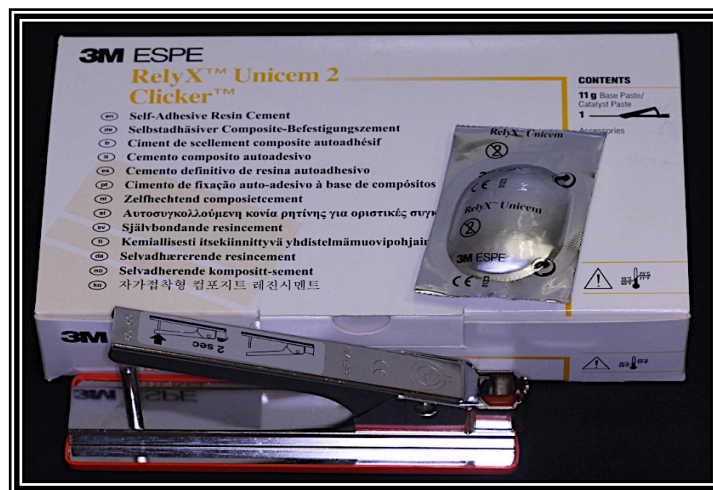


Figura 4.5.2 Kit de cemento RelyX Unicem

4.5.3 Cementado de las coronas con Multilink implant:

Es un cemento adhesivo autopolimerizable con opción de fotopolimerización.

Indicado para cementar restauraciones metal, cerámica, metal cerámica y pilares de implantes. Se encuentra disponibles en varios colores: MO, O , MO1.

Tabla 13 – Componente de Multilink Implant

Matriz	Matriz de monómero de dimetacrilato y HEMA
Relleno	Vidrio de bario, trifluoruro de iterbio, óxidos mixtos esferoidales. La cantidad de relleno es 40% y el tamaño de las partículas es de 0,9 micras.

El procedimiento fue el siguiente:

1. Se limpió y secó el pilar dental.
2. Se colocó una cánula nueva de automezcla en la jeringa y se dispensó la cantidad necesaria sobre la restauración.
3. Se asentó la restauración sobre el pilar y se presionó suavemente. A continuación se eliminaron los excesos con un pincel.
4. Se aplicó la luz halógena en dos tiempos: el primero durante 2 a 4 segundos a cada pared de la restauración y el segundo momento a todos los márgenes durante 20 segundos. Se utilizó el lote M00809 / Exp: 2011-06. (figura 4.5.3)



Figura 4.5.3. Kit de cemento Multilink Implant.

4.5.4 Cementado de las coronas con Maxcem Elite:

Es un cemento de resina de autograbado.

Su presentación es pasta/pasta y esta indicado para la cementación de restauraciones indirectas de coronas metales y cerámicas, puentes, postes, carillas.

Tabla 14-Componente de Maxcem Elite

Matriz	Matriz de resina con iniciador Redox
Relleno	Cantidad en un 69%
Monómero	GDPM adhesivo

El procedimiento fue el siguiente:

1. Se secó y limpió el pilar dental.
2. Se colocó una cánula nueva de automezcla en la jeringa y se dispensó la cantidad necesaria sobre la restauración.
3. Se asentó la restauración sobre el pilar y se presionó suavemente, seguidamente se eliminó los excesos con un pincel.
4. Se aplicó la luz halógena durante 20 segundos. Se utilizó el lote 4476047 / 2013. (figura 4.5.4)



Figura 4.5.4. Kit Maxcem Elite.

Tabla 15- Propiedades de los cementos en el estudio

Propiedades	Panavia 21 Kurakay	RelyX Unicem 3M ESPE	Maxcem Kerr	Multilink Ivoclar
Grosor de película	26	17	21	<50
Tiempo de fraguado	8	6		4-5
Resistencia a la compresión (MPa)	203-228	216-224	260-283	240 ± 20
Resistencia a la flexión (MPa)	92	60	54	70 ± 10
Radiopacidad %	145	179	206	350
Solubilidad $\mu\text{g}/\text{mm}^3$	2	4	18	< 7.5
Absorción de agua $\mu\text{g}/\text{mm}^3$	24	42	75	< 40

4.6 Tinción de las muestras

Una vez cementadas todas las probetas, se procedió a la realización de su inmersión en una cuba con safranina al 10% por un tiempo de 72 horas. El siguiente paso fue el aclarado de las muestras con abundante agua. (Figura 4.6)



Figura 4.6 Tinción de las muestras

4.7 Preparación de las muestras para ser observadas en magnificación

Se procedió a la preparación de las muestras para ser observadas en magnificación y para ello debíamos recortar las muestras en una maquina recortadora. Antes de recortarlas, se procedió a embutirlas en metacrilato de resina. Una de las finalidades de este proceso es proteger las muestras de la fuerza del corte.

El primer paso fue la preparación de metacrilato de resina. Se mezcló 20 ml de resina de poliéster transparente y 300 ml de peróxido mek (Ref: RR022/1000). Para medir la resina se utilizó un vaso de precipitado y para el peróxido la micropipeta. (figura 4.7 A)

La preparación se colocó en unos pequeños moldes de plástico los cuales fueron marcados con la respectiva numeración obtenida desde el principio del trabajo, así como las abreviaturas del cemento. (figura 4.7 B)

A continuación se embutieron las piezas dentarias juntamente con su cofia cementada, sumergiéndolas hasta quedar cubierta 3 mm por debajo de la línea de terminación. Se colocó las muestras paralelas a las paredes del recipiente de plástico para facilitar el recorte en la parte más medial a lo largo de la pieza dentaria. (figura 4.7 B)

Una vez obtenidos los bloques de resina, se recortaron con disco de carburo de tungsteno la porción de la pieza dentaria que quedo al descubierto, en este caso las raíces. Luego se dibujó una línea longitudinal en dirección vestibular a lingual en el centro del bloque, para señalar el lugar del corte. (figura 4.7 C)

Para seccionar los bloques de resina, se utilizó una recortadora (Micromet, evolution remet-Bologna Italy) y un disco de corte de baja velocidad con refrigeración de agua. (figura 4.7 D)

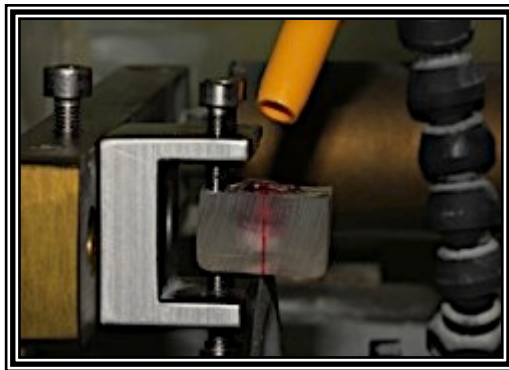
Una vez recortadas las muestras y con la finalidad de facilitar nuestra visión a través de la lupa de magnificación, se lijó la superficie de cada muestra en una pulidora (LS2 Remet, Bologna –Italy) con discos de granos 800 (320 μm), 1200 (190 μm) y 2000 (100 μm) las muestras fueron sometidas a varios ciclos de pulido hasta obtener unas superficies lisas, sin ningún tipo de irregularidad en la superficie. (figura 47 E y F)



A



B



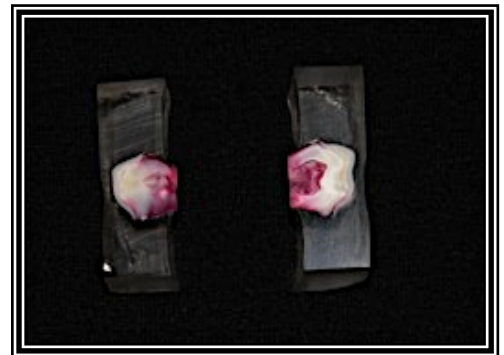
C



D



E



F

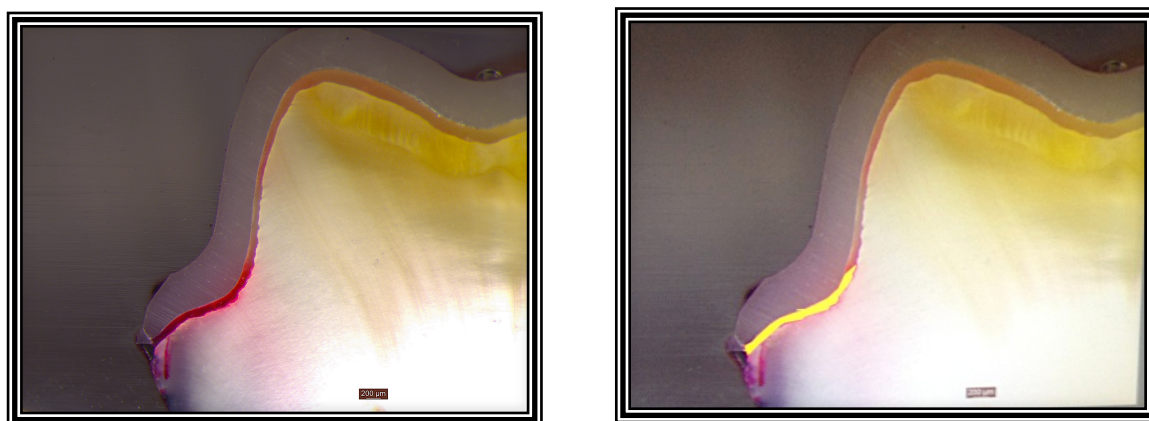
Figura 4.7 Preparación de las muestras para ser observadas en magnificación; A) resina de poliéster transparente y peróxido; B) piezas dentarias embutidas en metacrilato; C) línea longitudinal dibujada en el bloque de metacrilato, D) recortadora, E) pulido de las muestras, F) muestras pulidas.

4.8 Análisis de la microfiltración en las cofias

Para estudiar la distribución de la microfiltración de las restauraciones así como el desajuste marginal se utilizó una lupa de magnificación (Leica Microsystems DFC 450, Germany). Se registró las imágenes de las muestras con 20 aumentos. Esta técnica nos permitió aumentar las imágenes para analizarlas posteriormente con un programa informático.

El programa que se utilizó fue Leica Application Suite versión 4.0.0. Este sistema nos permitió realizar las medidas en áreas (μm^2). (figura 4.8 A y B)

La medición de la microfiltración se realizó recorriendo la zona de cemento teñido por el tinte de safranina 10%. Luego el programa Leica Application del ordenador delimitó esta zona de tinción y realizó la medición de la superficie en μm^2 .⁽⁴⁸⁾



A

B

Figura 4.8 Análisis de la microfiltración en las cofias, A) imagen de la microfiltración ; B) delimitación del área de la microfiltración con el programa Leica Application.

4.9 Análisis de desajuste marginal absoluto de las cofias

De los parámetros descritos por Holmes para medir la discrepancia marginal se optó por el desajuste marginal absoluto, que se define como la máxima distancia que hay entre el margen de la restauración y el ángulo cavosuperficial del diente. (figura 4.9 A y B)

En este estudio se registro solamente la medida del desajuste marginal absoluto, posterior al cementado.

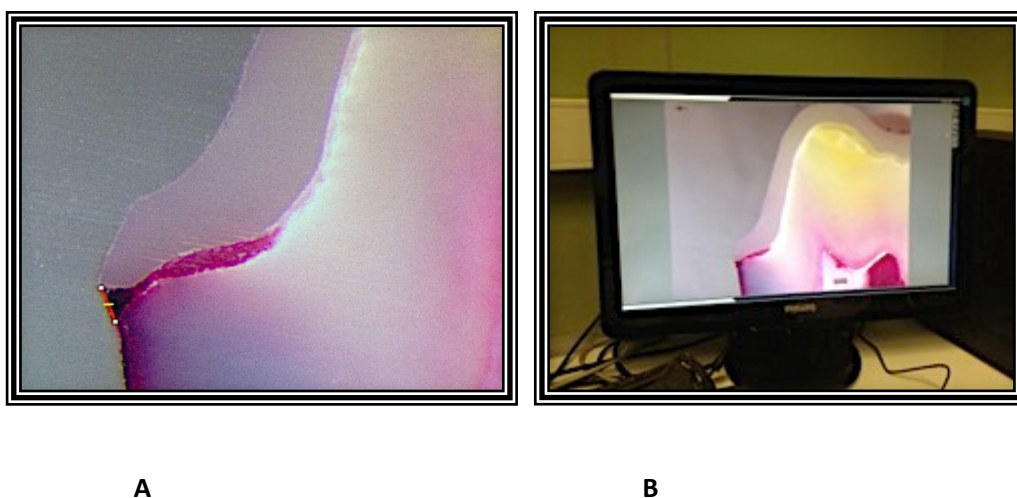


Figura 4.9 Análisis del desajuste marginal absoluto de las cofias, A) medición de la desajuste marginal absoluto con una magnificación de 20 aumentos, B) imagen de la medición del desajuste marginal absoluto en micras en el sistema Leica Application.

4.10 Tratamiento de los datos

Las cifras recogidas durante el análisis fueron archivadas en hojas Microsoft Excel 2011 para Mac versión 14.2.5

5. Resultados

Disponemos de un tamaño de muestra de $n=20$ piezas dentarias sobre las cuales se han tomado distintas mediciones.

5.1 Variables a estudio:

- **Variables principales:**

1. Microfiltración: medida en micras².
2. Desajuste marginal absoluto: medida en micras.

- **Variables secundarias:**

1. Tipo de cemento: (RelyX, Maxcem, Multilink, Panavia).
2. Zona: (Vestibular, Lingual)

⊙ Estadística descriptiva

Tabla 16-Estadística descriptiva

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica	Varianza
Microfiltración	40	629,90	31,94	661,85	186,5941	134,05182	17969,891
Vestibular microfiltración	20	377,04	31,94	408,98	180,9600	123,75378	15314,999
Lingual microfiltración	20	606,56	55,29	661,85	192,2281	146,64154	21503,740
Discrepancia	40	291,21	86,38	377,59	251,2039	56,11169	3148,522
Vestibular discrepancia	20	291,21	86,38	377,59	252,4825	59,33956	3521,184
Lingual discrepancia	20	201,94	145,05	346,99	249,9254	54,20452	2938,130
Microfiltración RelyX	10	295,02	31,94	326,96	146,7394	103,79833	10774,094
Microfiltración Panavia	10	572,26	89,59	661,85	252,7586	188,59681	35568,756
Microfiltración Multilink	10	299,75	82,44	382,19	180,8176	115,44627	13327,841
Microfiltración Maxcem	10	347,43	55,29	402,72	166,0607	105,18673	11064,249
Discrepancia RelyX	10	147,26	199,74	346,99	264,4606	52,63237	2770,166
Discrepancia Panavia	10	188,02	189,57	377,59	257,6856	56,23702	3162,603
Discrepancia Multilink	10	215,63	86,38	302,01	232,8891	66,74595	4455,022
Discrepancia Maxcem	10	166,30	145,05	311,35	249,7804	51,37027	2638,904

⊙ Estadística inferencial

Empezaremos viendo si el corte influye en los valores obtenidos, es decir, si existen diferencias significativas entre mediciones obtenidas en cada uno de los fragmentos tanto por lingual como por vestibular.

Para ello comenzaremos planteando las siguientes hipótesis:

H_0 : El corte no influye en los valores de microfiltración por vestibular

H_0 : El corte no influye en los valores de microfiltración por lingual.

Tabla 17- Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon para microfiltración por zonas

	Estadístico de contraste	
	Corte 2 - vestibular Corte 1 - vestibular	Corte2 - lingual Corte 1 - lingual
Z	- 1,157 ^a	-,896 ^b
Sig asintót bilateral	,247	,370

a. Basado en los rangos positivos

b. Basado en los rangos negativos

A partir de los datos no encontramos evidencias de diferencias significativas. Por lo tanto no podemos rechazar la hipótesis nula, es decir, el corte no afecta a los valores obtenidos, por lo tanto podemos unificar los dos valores dependientes del corte.

Procedemos de la misma forma en el caso de la **desajuste marginal absoluto**.

Planteamos las siguientes hipótesis:

H_0 : El corte no influye en los valores de desajuste marginal absoluto por vestibular

H_0 : El corte no influye en los valores de desajuste marginal absoluto por lingual

Tabla 18 - Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon para desajuste marginal absoluto por zonas

	Estadístico de contraste	
	Corte 2 – vestibular Corte 1 – vestibular	Corte 2 – Lingual Corte 1 – Lingual
Z Sig. asintót. (bilateral)	-1,195 ^a	-,448 ^b
	<u>,232</u>	<u>,654</u>

a. Basados en los rangos positivos

b. Basados en los rangos negativos

En el caso del desajuste marginal absoluto, vemos que tampoco existen diferencias significativas entre los cortes. Por lo tanto procederemos a agrupar las variables, con las que trabajaremos el resto del proyecto.

A continuación realizaremos pruebas de normalidad de las variables, representaciones gráficas de las mismas y test para saber sobre su comportamiento.

Mostramos las medidas generales de las variables a estudio, como la media o la variabilidad y mostramos, mediante un contraste, que la muestra se comporta de forma normal en todos los casos. Por lo tanto podemos aplicar técnicas paramétricas que toman como hipótesis implícita la normalidad de la muestra.

Pruebas no paramétricas para normalidad

Tabla 19 - Prueba de kolmogorov Smirnov para una muestra

		Vestibular Microfiltración	Lingual Microfiltración	Vestibular Discrepancia	Lingual Discrepancia
N		20	20	20	20
Parámetros normales^{a,b}	Media	180,960	192,228	252,483	249,925
	Desviación típica	123,75	146,64	59,34	54,20
	Absoluta	0,253	0,291	0,127	0,169
Diferencias más extremas	Positiva	-0,114	-0,189	-0,127	-0,088
	Negativa	1,133	1,303	0,567	0,756
Z de Kolmogorov Smirnov					
Sig asintót (bilateral)		0,153	0,067	0,905	0,616

a. La distribución de contraste es la Normal

b. Se han calculado a partir de los datos

Concluimos aceptando la normalidad de los datos. Podemos aplicar técnicas paramétricas, lo que nos dará una mayor fiabilidad en los resultados.

Comprobaremos si existen diferencias entre las distintas zonas (vestibular y lingual) tanto para la microfiltración como para el desajuste marginal absoluto.

Para ello planteamos las siguientes hipótesis:

H₀: No Existen diferencias de microfiltración entre zonas

H₀: No Existen diferencias de desajuste marginal absoluto entre zonas.

Tabla 20 - Pruebas T para muestras relacionadas (comparación de medias)

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig Bilateral
	Media	Desviación Típica	Error Típica de la media	Para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Vestibular-microfiltración Lingual-Microfiltración	-11,26805	140,80111	31,48409	-77,16500	54,62890	,124	19	<u>,724</u>
Vestibular-Discrepancia Lingual-Discrepancia	2,55715	92,57789	20,70104	-40,77063	45,88493		19	<u>,903</u>

No podemos rechazar la hipótesis de partida, por lo tanto concluimos indicando que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las distintas zonas, tanto en el caso de la microfiltración como para el desajuste marginal absoluto.

Como objetivo secundario del estudio, compararemos el desajuste marginal absoluto y la microfiltración en función de los distintos cementos.

H₀: No Existen diferencias entre los distintos cementos

Tabla 21 - ANOVA para un factor

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Vestibular Microfiltración	Inter-grupos	37912,253	3	12637,418	,799	,512
	Intra-grupos	253072,731	16	15817,046		
	Total	290984,985	19			
Lingual Microfiltración	Inter-grupos	80607,648	3	26869,216	1,311	,305
	Intra-grupos	327963,409	16	20497,713		
	Total	408571,056	19			
Vestibular Discrepancia	Inter-grupos	14512,429	3	4837,476	1,477	,258
	Intra-grupos	52390,065	16	3274,379		
	Total	66902,495	19			
Lingual Discrepancia	Inter-grupos	22761,002	3	7587,001	3,671	,035
	Intra-grupos	33063,473	16	2066,467		
	Total	55824,475	19			

A partir de la tabla anterior concluimos aceptando la hipótesis nula: **No existen diferencias significativas** entre los distintos cementos.

En el caso del desajuste marginal absoluto por lingual, vemos que el p-valor es inferior a 0,05 algo que nos podría indicar que, en ese caso, si que existe relación entre los distintos cementos.

Esta conclusión se puede considerar clínicamente irrelevante, ya que no tiene sentido que únicamente el tipo cemento influya en una zona determinada y solo en el caso del desajuste marginal absoluto. Además contrastando de forma conjunta los datos en función de los cementos no obtenemos diferencias.

A continuación realizaremos la última prueba, mediante la cual contrastaremos la **posible relación** entre el desajuste marginal absoluto y la microfiltración por zonas.

- Prueba de Levene para igualdad de varianzas

- Prueba de T para igualdad de medias.

En primer lugar realizamos una prueba previa (test de Levene) para contrastar si existe **igualdad de varianzas** entre ambas muestras. Algo a tener en

cuenta a la hora de realizar el test T de comparación de medias para muestras independientes.

Tabla 22 - Prueba de muestras independientes

		Igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias		
		F	Sin	t	gl	Sig Bilateral
Vestibular	Se han asumido varianzas iguales	15,269	,000	-2,331	38	,025
	No se han asumido varianzas iguales			-2,331	-27,298	,027
Lingual	Se han asumido varianzas iguales	8,313	,006	-1,650	38	,107
	No se han asumido varianzas iguales			-1,650	24,097	,112

Por un lado, no podemos asumir igualdad de varianzas por lo que tenemos que utilizar el valor del estadístico correspondiente.

Observando los p-valores nos indican la existencia de diferencias significativas entre el desajuste marginal absoluto y la microfiltración únicamente en la zona vestibular.

Continuamos realizando el análisis de forma conjunta, es decir, sin tener en cuenta las zonas. Algo sostenible por los resultados anteriores (no existen diferencias significativas entre zonas).

Tabla 23 - Prueba T para igualdad de las medias

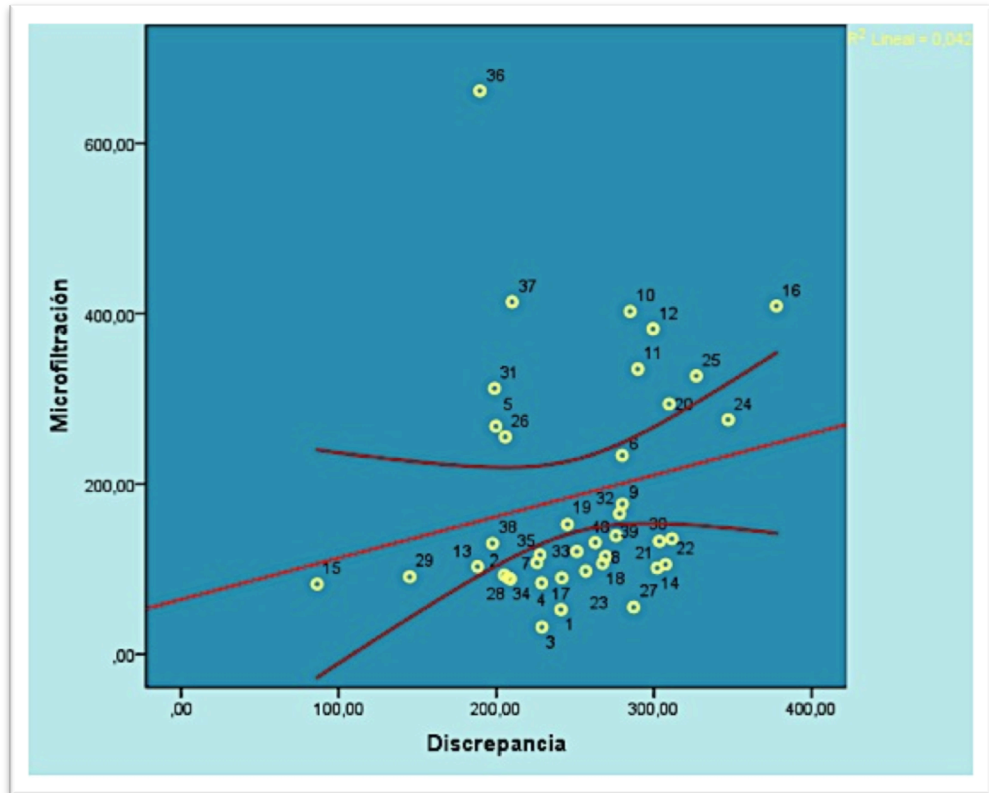
		Igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias		
		F	Sig	t	gl	Sig bilateral
Discrepancia Vs Microfiltración	Se han asumido varianzas iguales	21,504	,000	-2,812	78	,006
	No se han asumido varianzas iguales			-2,812	52,259	,007

De forma conjunta concluimos señalando la existencia de diferencias significativas entre ambas variables, es decir, **el desajuste marginal absoluto influye en la microfiltración sin tener en cuenta la zona.**

La técnica que a continuación aplicaremos, trata de explicar una variable cuantitativa en función de otra variable cuantitativa, mediante una recta (regresión lineal) o mediante otra función (regresión no lineal).

Se quiere cuantificar la influencia de una variable, que llamaremos dependiente, en una variable de interés que llamaremos independiente, por lo tanto cuantificaremos la influencia del desajuste marginal absoluto en los niveles de microfiltración.

Representaremos mediante un gráfico de dispersión el cruce entre las dos variables a estudio.



Observamos cierta irregularidad en los datos, es decir, no se aprecia un claro comportamiento lineal, ya que la recta de ajuste, así como las líneas medias formadas a partir de los intervalos de confianza no recogen de forma adecuada los datos.

En la gráfica se reconoce la presencia de ciertos valores atípicos. Estos datos son identificados (datos 36,38) y eliminados.

Para solucionar el problema de la falta linealidad transformaremos las variables aplicando la transformación logaritmo y análisis de nuevo modelo.

Tabla 24 – Nuevo modelo

Resumen del modelo ^{c,d}

Modelo	R	R cuadrado ^b	R cuadrado corregida	Error típ de la estimación
1	,994 ^a	,987	,987	,56629

Tabla 25 – Análisis de la varianza

Anova^{c,d}

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
1 Regresión	911,878	1	911,878	2843,540	,000^a
Residual	11,545	36	,321		
Total	923,422 ^b	37			

Variables predictoras: Log Discrep

Variables dependiente: Log Microfiltración

En los cuadros anteriores se observa el modelo nuevo a partir de la transformación logarítmica de las variables, ya que obtenemos un R-cuadrado elevado, es decir, la variabilidad explicada por el modelo es del 98,7%. Además, el cuadro de análisis de la varianza del modelo nos dice que es significativo. Por todo ello será el siguiente el modelo propuesto:

Tabla 26 – Nuevo modelo propuesto

Coefficientes ^{a,b}

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig	Estadístico de colinealidad	
	B	Error Típ	Beta			Tolerancia	FIV
1 Log Discrepancia	,896	,017	,994	53,325	,000	1,000	1,000

$$\underline{\text{Ln (microfiltración)} = 0,896 \text{ Ln (Desajuste marginal absoluto)}}$$

Ecuación sobre la que podemos aplicar una transformación inversa para obtener :

$$\underline{\text{Microfiltración} = \text{Desajuste marginal absoluto}^{0,896}}$$

(Ver mas información del informe estadístico en el apéndice)

6. DISCUSIÓN

La presencia de microfiltración y desajuste marginal son causa del fracaso de las restauraciones dentales de prótesis fija. Los márgenes abiertos en la interfase diente y restauración, favorecen la microfiltración. Ante la presencia de una brecha abierta los microorganismos ingresan en esta interfase y generan hipersensibilidad, caries secundaria, necrosis pulpar y enfermedades periodontales, por lo tanto es importante intentar minimizar este desajuste marginal.

Los cementos de resina han demostrado ser materiales poco solubles, biocompatibles y presentar bajos valores de microfiltración.^{20,23,26} La calidad de adhesión es la responsable de estos bajos valores de filtración, sin embargo dentro de sus componentes contienen altos porcentajes de relleno que puede afectar el asentamiento de la prótesis, así como aumentar la contracción durante la polimerización.²²

En nuestro estudio se realizó el test de la microfiltración con el tinte de safranina al 10%. Este método de tinción, permite que el colorante ingrese en los espacios marginales, simulando el paso de las bacterias en estos espacios vacíos, los cuales serían la causa de formación de caries y enfermedad periodontal.⁵¹

La microfiltración fue medida por un sistema digital Leica Application Suite versión 4.0.0 copyright 2003-2011. Las muestras tincionadas fueron observadas bajo magnificación de 20 aumentos para determinar el área de microfiltración. La idea de esta técnica es darnos la extensión del tinte en una superficie (μ^2), a diferencia de las técnicas en las cuales se asignan puntuación numérica, dándonos una idea subjetiva.

Por otro lado, el desajuste marginal se determinó bajo los puntos de referencia descritos por Holmes, y para ello se eligió el desajuste marginal absoluto o total. Esta medida tiene la ventaja de no ser invasiva y se usa para obtener una precisión del ajuste. Su localización es la siguiente: el punto mas externo de la restauración hasta el ángulo cavosuperficial del diente, que incluye la medida de sobreextensión o infraextensión.⁵²

Las medidas de desajuste vertical y horizontal suman el desajuste marginal total. Esta área es crítica. Su existencia favorece la presencia de un espacio que es invadido por la placa bacteriana. A esto se suma la presencia de la encía, la cual invade esta zona y se posiciona como una pared, ayudando a la colonización de las bacterias.⁵³

Los cementos elegidos para nuestro estudio fueron: RelyX Unicem, Multilink Implant, Maxcem y Panavia 21. La cementación se realizó siguiendo las instrucciones del fabricante. Como resultado, los niveles de microfiltración y desajuste marginal absoluto no obtuvieron diferencias significativas.

En el año 2005, Piwowarczyk realizó un estudio de similares características al aquí expuesto en el que evaluó la capacidad de sellado marginal de diferentes cementos utilizando coronas de recubrimiento total. Se compararon cementos de fosfato de zinc (Harvard), cemento de vidrio-ionómero convencional (Fuji I), cemento de vidrio-ionómero modificado (Fuji Plus), dos cementos de resina estándar (RelyX ARC y Panavia F) y un cemento de resina autoadhesivo (RelyX Unicem). Los cementos de resina autoadhesivos (RelyX Unicem) demostraron ser los cementos con mejor sellado tanto en esmalte como en dentina, sin necesidad de tratar de forma previa la superficie dentaria o de la restauración demostrándose una vez mas que el éxito de un buen sellado depende de la naturaleza del cemento.²³

La diferencia del estudio anterior con respecto al nuestro, es que se compararon cementos de diferentes composiciones, pero al igual que en nuestro estudio se demostró que el cemento de resina RelyX Unicem obtuvo el mejor sellado y un alto valor en la discrepancia marginal.

El cemento RelyX Unicem contiene metacrilato de ácido fosfórico, el cual es capaz de interactuar con la superficie del diente formando compuestos con los iones de calcio y creando un sellado efectivo en la interfaz diente-cemento. En un estudio realizado por Wiedig en el año 2010, se compararon cementos como RelyX Unicem, Maxcem, G Cem, Smart Cem y se demostró que el cemento RelyX Unicem tiene la mejor adhesión a la dentina, esmalte, circonio y un pH 6.⁵⁴

La presencia de un ph elevado en el cemento RelyX encontrado en el estudio de Wiedig, coincide con lo comentado por De Souza en el año 2006 y Câmara en el año 2011, en el cual, la presencia de un ph 5, es debido al intercambio entre el diente y monómero del cemento RelyX, dando como resultado un sellado muy eficaz.^{54,26,27}

Hooshmand en el año 2011, realizó un estudio teniendo en cuenta los mismos cementos que en nuestro estudio. Entre ellos tenemos Multilink Sprint, Panavia 21 y RelyX Unicem. Se demostró que el cemento RelyX Unicem presentó bajos valores de microfiltración, quizás por las propiedades ya mencionadas anteriormente. Por otro lado se observó mayor microfiltración en el cemento Panavia. En cuanto a los resultados en la discrepancia marginal, se encontraron diferencias, en el cual el cemento de resina RelyX Unicem presentó los valores mas altos al igual que nuestro estudio.

En el estudio de Hooshmand queda claro, que a pesar que RelyX Unicem y Panavia son cementos adhesivos, su capacidad de adhesión al tejido dentario es diferente. Panavia tiene un sistema de grabado ácido y Primer que crea una óptima capa híbrida, y así consigue una buena adhesión al diente. La capa híbrida conseguida es mayor que la obtenida por el cemento RelyX Unicem. Sin embargo Panavia es un cemento de difícil manipulación, además el Primer de este cemento contiene agua, este exceso de humedad interfiere en la polimerización del ácido monómero del Primer a nivel de la capa híbrida resultando una interfase plástica y dando una débil unión en la interfase diente y restauración.^{54,55,56}

En nuestro estudio tenemos que los valores encontrados en la microfiltración son: el cemento RelyX $146\mu^2$, cemento Panavia $252\mu^2$, cemento Multilink $180\mu^2$ y cemento Maxcem $166\mu^2$. Los estudios hasta ahora mencionados, tanto Hooshmand como de Piwowarczyk midieron la longitud de la microfiltración en micras, a diferencia de nosotros que medimos la extensión del cemento definiendo el área (μ^2).

De los cuatro cementos analizados en nuestro estudio, el que presenta mayor valor de microfiltración es el cemento Panavia y el menor valor es el cemento RelyX. Si comparamos nuestro estudio con el de Hooshmand, podremos decir que encontró al igual que nosotros, bajos valores de microfiltración con el cemento RelyX y altos valores de microfiltración con el cemento Panavia.

Esto coincide con la explicación que hizo Hooshmand, acerca del tipo de adhesión del cemento Panavia y RelyX Unicem con el tejido dentario, en el que el cemento RelyX Unicem tiene una mejor afinidad química con el tejido dentario proporcionando mejor sellado, a diferencia del cemento Panavia, el cual es un cemento difícil de manipular.

A diferencia de los estudios mencionados hasta el momento, Hikita en el año 2006, destacó que el cemento RelyX Unicem presentó los valores mas bajos de adhesión y justificó que esto es por la escasa retención en el tejido dentario. Cuando realizó el pre tratamiento con grabado ácido y adhesivo sobre la superficie dentaria, el cemento RelyX Unicem aumentó sus valores de adhesión. Por otro lado, el cemento Panavia presentó una alta adhesividad al esmalte pero valores bajos en la superficie dentinaria. También mencionó que para conseguir mejores resultados con respecto a la adhesión en la superficie dentinaria es necesario el uso de adhesivos.⁵⁷

Dentro de las limitaciones de nuestro estudio de filtración, se omitió el uso de barniz para cubrir las raíces y dejar expuesto solo la zona de unión de la corona y el diente. La idea de exponer la zona cervical al tinte, es para simular la exposición de la superficie diente y restauración al medio oral.

En nuestro estudio se embutieron las muestras en el tinte, sin ningún tipo de aislante. Esto permitió que el tinte ingresara libremente a diferentes zonas del diente, por lo tanto, esto explicaría por que algunas muestras presentaron tinción en paredes axiales y oclusales, dando altos valores de microfiltración.

La microfiltración esta relacionada con el grosor y naturaleza del cemento. Es por ello que la American Dental Association (ADA) Especificación N ° 8 establece que el espesor de la película de cemento para cementar una corona no debe tener más de 25 μ cuando se utiliza un agente de cementación de tipo I (ionómero de vidrio, fosfato de zinc, policarboxilato) y en el caso de un agente de cementación tipo II (cemento de resina, ionómero de vidrio), debe tener un grosor de 40 μ , y por lo tanto un ajuste marginal ideal debería situarse entre 25 y 40 micras.^{58,59,60}

De lo escrito en el párrafo anterior es conocido que las aperturas marginales con estas dimensiones se alcanzan raramente. Han sido muchos los estudios que han examinado la discrepancia marginal de las coronas totalmente cerámicas. Entre ellos tenemos a McLean y Von Fraunhofer, quienes concluyeron que la apertura marginal debe tener una distancia de 120 μ y consideraron esta medida clínicamente aceptable.

En el año 2009 Andrew y colaboradores, compararon los grosores de los cementos Fujicem, RelyX Luting Plus, Panavia 21, RelyX ARC, Maxcem, RelyX Unicem. Mezclaron los cementos de acuerdo a sus indicaciones y luego de 2 minutos de iniciado la mezcla, observaron que los cementos se mantenían dentro del límite de grosor de 25 micras. Al tercer minuto se observó que el espesor de la película superó las 25 micras. Esto demuestra que es difícil establecer que los cementos tienen un grosor exacto y no sufren modificaciones después de concluida la mezcla.⁵⁸

Los resultados de desajuste marginal absoluto, en este estudio superan las 120 μ . Así tenemos: cemento RelyX Unicem 264 μ m, cemento Panavia 257 μ m, cemento Multilink 232 μ m, cemento Maxcem 249 μ m. Los resultados de nuestro estudio, demostraron que el cemento de resina RelyX Unicem obtuvo los valores mas altos y Multilink los valores mas bajos en el desajuste marginal absoluto, coincidiendo con los resultados encontrados en los estudios de Hooshmand y Piwowarczyk.

De los resultados obtenidos en el desajuste marginal absoluto, observamos que son muy altos en comparación con la literatura. La causa de estos

valores pueden ser por la naturaleza viscosa del cemento, la cantidad de torque utilizado en el momento de la cementación, la no presencia de adhesivos, elevación post cementado, el diseño del margen gingival y técnica de cementado.

A pesar de que los cementos de resina son sistemas con efectivas propiedades de adhesión al diente, tienen ciertas desventajas como la gran cantidad de relleno que contienen en un porcentaje entre el 40% y 70%. Esto dificulta la fluidez del cemento, eleva los valores de contracción durante la polimerización, y dificulta el asentamiento de la corona.^{61,8}

Ante la presencia de viscosidad del cemento, se sugiere una determinada presión al cementar. Teniendo en cuenta que los cementos de resina tienen propiedades tixotrópicas, si ejercemos presión sobre el mismo, puede ser beneficioso durante la cementación. Según Black las fuerzas usadas durante la cementación puede ser entre 20 y 60N. Una fuerza de 25N sería lo ideal.

Esto también fue explicado por Goracci en un estudio realizado en el año 2006. Goracci observó al microscopio que Maxcem interactuó superficialmente con la dentina bajo una fuerza de 40N. Por otro lado, el cemento RelyX Unicem exhibió un mejor sellado marginal con 20N de presión, y con 40N el cemento se hizo mas fino y menos poroso, pero esto no aumentó la penetración del mismo en la dentina, corroborando una vez más que el cemento RelyX tiene deficiente formación de capa híbrida.³⁴

Autores como Piemjai y Chun Yung consiguieron valores de discrepancia marginal de 5 y 11 micras aplicando fuerzas de 300N y 144N respectivamente. Una vez mas comprobamos que a mayor fuerza aplicada menor discrepancia obtendremos. Si nos trasladamos a la situación clínica, nosotros asentamos la corona en el pilar dental, luego pedimos al paciente que muerda, los músculos ejercen una fuerza de entre 200 y 600N, de esta manera se consigue el menor valor de discrepancia marginal, este procedimiento se realiza dentro del tiempo de trabajo y se completa con la aplicación de luz halógena.^{62,63}

Cuando colocamos la corona sobre el pilar, se aplica una fuerza para que el cemento fluya, de esta manera disminuimos los valores de discrepancia marginal, sin embargo no mejora su capacidad de retención sobre la superficie del metal y la

dentina. Los cementos de resina consiguen retención con la estructura dental a través de un intercambio químico con la dentina, a diferencia de los cementos ácido-base que requieren mayor compresión durante su asentamiento sobre el pilar para conseguir una retención de tipo mecánico.⁶²

El torque usado en nuestro estudio fue de 30N. Los cementos de resina tienen propiedades tixotrópicas y si hubiésemos aumentado el torque quizás hubiésemos conseguido mayor fluidez y por lo tanto mejor asentamiento. Por otro lado White y cols en el año 1995 manifestó que la presencia de adhesivos mejoraba el asentamiento de la restauración.⁶⁴

En nuestro estudio obviamos el uso de adhesivos, ya que seguimos estrictamente los pasos indicados por el fabricante. Solo quisimos centrar nuestra atención en la naturaleza del cemento con respecto a las variables de estudio. Según la literatura este paso mejora la adhesión al diente y minimiza los valores de discrepancia marginal. Si hubiésemos usado adhesivos quizás los valores de nuestras variables hubiesen sido menores a los obtenidos.

Los adhesivos ingresan en la superficie, previamente tratada por grabado ácido, humectándola y proporcionando sellado de los túbulos dentinarios, evitando el paso de factores externos ante la presencia de filtración. Por otro lado, aumenta la fuerza de unión entre la dentina y el cemento de resina. Como ya es conocido los cementos de resina ejercen una contracción durante la polimerización, así tenemos que la presencia de adhesivos amortiguan estas tensiones, evitándose la formación de grietas entre el cemento y diente.^{34,1,65,66}

Existe elevación posterior al cementado. Dedmon demostró que existe una elevación de hasta 20 micras después de la cementación. Por otro lado, autores como Sola Ruiz en un estudio realizado en el año 1993 midió la discrepancia marginal de las coronas antes de ser cementadas y después de ser cementadas, observando que existe un aumento de 10 micras. Esto quiere decir que después del cementado ocurre un desajuste marginal.^{67, 68, 69}

El paso de medir la discrepancia marginal absoluta de las coronas antes del cementado fue obviado. Cuando medimos la discrepancia marginal total de las coronas antes de cementar obtenemos un valor neto. Este valor se compara con las

medidas obtenidas en el post cementado. Así se conoce si realmente existe una variación y esto es algo que no comprobamos en nuestro estudio, pero tampoco era nuestro objetivo.

En nuestro estudio, el diseño del margen gingival de las piezas dentarias seleccionadas fue el chamfer con bisel. El diseño de chamfer es conservadora, proporciona un sellado marginal inferior a las 120 μ , considerado como el máximo aceptado clínicamente. Por otro lado, la presencia de biselado en la línea de terminación elimina los primas de esmalte sin soporte, garantizando la uniformidad del diseño, actuando como guía de asentamiento de la prótesis, mejorando el ajuste marginal, ya que reduce la cantidad de cemento expuesto.^{70, 63, 71, 72}

De lo descrito en el párrafo anterior, existen autores como Cogolludo⁷³, quién en el año 2010 afirmó que no existen diferencias significativas entre los diseños de hombro recto y chamfer con respecto al ajuste marginal. Así mismo Ferreira concluyó en su estudio que el diseño del margen gingival no influye en la adaptación después de la cementación. En un reciente estudio, Gupta⁷⁴ en el año 2011, demostró que la presencia de bisel de 45° de inclinación, dio como resultados bajos valores de discrepancia marginal justificándolo que cuando un bisel se acerca al paralelismo de la preparación, disminuye la distancia entre el bisel y la preparación, acercándose al valor mínimo de discrepancia.

La técnica de cementado es otro paso importante para obtener un valor mínimo de ajuste marginal absoluto. En nuestro estudio se aplicó el cemento en la mitad apical de las paredes axiales. De esta manera al colocar la restauración sobre el pilar y ejercer presión sobre la misma, el cemento fluye hacia la zona oclusal. Lo que conseguimos con esta técnica, es que no exista exceso de cemento en la zona mas coronal, y la restauración pueda asentarse mejor sobre la línea marginal.³⁵

Después de analizar en los párrafos anteriores, acerca de las posibles causas que pudieron contribuir a los altos valores del desajuste marginal absoluto en nuestro estudio, también debemos tener en cuenta que el seccionamiento de las

muestras, pudieron distorsionar los puntos de referencia que elegimos para medir nuestros valores.

Otro de los objetivos de este estudio es la presencia de asociación entre la microfiltración y discrepancia marginal. En la literatura no se encuentra una fuerte asociación estadística entre la microfiltración y la discrepancia marginal. Por otro lado White encontró a estas variables asociadas con el tipo de cemento utilizado.

Así tenemos que en el año 2003, Xing Gua publicó un estudio y comparó varios cementos: compómero autoadhesivo Dyract, cementos de resina Panavia F y fosfato de zinc Harvard. Agrupó los cementos y cofias de la siguiente manera, grupo 1: coronas feldespáticas con cementos Panavia F y compómero autoadhesivo Dyract y grupo 2: coronas metal cerámicas con cemento fosfato zinc Harvard. Demostró que el cemento de resina Panavia F junto con la cofia de silicato, obtuvieron los valores mas bajos de microfiltración y discrepancia marginal.⁴³

Otro estudio elaborado por Yuksel en el año 2011, comparó la microfiltración y discrepancia marginal, y organizó tres grupos. Grupo 1: coronas fabricadas con óxido de zirconio, grupo 2: coronas fabricadas con disilicato de litio y grupo 3: coronas de cromo cobalto. Los cementos seleccionados para la cementación fueron cemento autoadhesivo RelyX Unicem y cemento de Ionómero de vidrio. Concluyó que la discrepancia vertical y la microfiltración estaban relacionadas con el tipo de cemento. Los valores mas bajos de microfiltración los registró con los cementos de resina unidos a la restauración de óxido de zirconio.⁴⁸

Rossetti en el año 2011 realizó un estudio comparando cementos ácidos bases y cementos de resina. Como resultado obtuvo una débil asociación entre el ajuste marginal y la microfiltración. Los valores mas bajos los obtuvieron los cementos de resina. Asoció la microfiltración con la disolución del cemento, no presencia de primers, ni grabado ácido, ni adhesivos. Una vez mas se observa que el cemento cumple un papel importante y es la composición y la capacidad de adhesión la que nos indicará un buen sellado y por lo tanto, bajos niveles de microfiltración.^{49,75}

Oyagüe en el año 2011 realizó un estudio en el que comparó diferentes cementos: cemento de resina RelyX Unicem, cemento Ionómero de resina, cemento de curado dual y cemento temporal, además de la confección de coronas con diferentes técnicas como el colado al vacío y láser sinterizado. Concluyó que existe una relación muy débil entre las variables microfiltración y discrepancia marginal. Además, asoció ambas variables con la naturaleza del cemento y la técnica de confección de estructura. Al igual que en nuestro estudio el cemento RelyX demostró los valores mas altos de discrepancia vertical y los valores mas bajos de microfiltración.⁷⁶

Chazine en el año 2012 comparó tres cementos: Multilink, Variolink y adhesivo Excite DSG y G Cem automix. Utilizó restauraciones de circonio. Demostró que el cemento de resina juntamente con el adhesivo ofrecieron los resultados mas bajos de filtración, sin embargo obtuvieron los valores mas altos de desajuste marginal. Por lo tanto, consideró que no existe una correlación entre el ajuste marginal y la filtración, además sugirió que si bien la filtración contribuye a sensibilidad, caries y problemas periodontales, el grosor del cemento no es causante del fracaso de la restauración y pilar dental.⁷⁷

De lo revisado en la literatura y nuestra experiencia en nuestro estudio, se puede concluir que el cemento RelyX Unicem es un cemento con gran capacidad de adhesión a la superficie dentaria, razón por la cual obtuvimos los valores mas bajos de microfiltración. Por otro lado, el cemento Panavia es un cemento que requiere de muchos pasos: grábado ácido, primer, espatulado del cemento y colocación de un aislante de oxígeno. El cemento Panavia presenta 2 pastas: base y catalizador, las cuales una vez mezcladas inician la reacción de endurecimiento disminuyendo el tiempo de trabajo, por lo tanto necesitamos rapidez en su preparación y colocación del cemento sobre la restauración, además del cuidado adicional de evitar el contacto del cemento con el oxígeno aplicando el agente Oxiguard. Cualquier error en todos los pasos de preparación del cemento Panavia nos puede conducir a fracaso, a diferencia del cemento RelyX que requiere un único paso.

En los valores de discrepancia vertical, el cemento RelyX Unicem obtuvo los valores mas altos a diferencia del cemento Multilink. Si comparamos la

composición del cemento RelyX Unicem con el cemento Multilink, observaremos que el cemento RelyX Unicem presenta una cantidad de relleno del 72% con un tamaño de partícula de 9,5 μ , mientras que el cemento Multilink presenta una cantidad de relleno del 40% con un tamaño de partícula de 0,9 μ , estas diferencias podrían ser las responsables del mejor asentamiento del cemento Multilink en comparación con el cemento RelyX Unicem.

En cuanto a la asociación entre las variables de microfiltración y discrepancia marginal absoluta, observamos que no existe asociación, ya que la presencia de altos valores de discrepancia no está relacionado con altos valores de filtración. Por el contrario, si existe una buena adhesión, existe poca filtración independientemente de los valores de discrepancia. Ambas variables están relacionadas con la naturaleza del cemento.

Existen pocos estudios acerca de la asociación entre microfiltración y desajuste marginal absoluto en restauraciones juntamente con diferentes tipos de agentes de cementantes. Por otra parte, las metodologías y los agentes de cementación utilizados en estos estudios son diferentes como para permitir la comparación directa de los datos. Sin embargo, es posible analizar los diferentes tipos de agentes cementantes comercialmente disponibles que pueden ser utilizados para la cementación a largo plazo.

Actualmente las técnicas para mejorar el asentamiento de la corona sólo minimizan este problema. Por lo tanto, los odontólogos deben esforzarse por reducir este margen. Para ello es importante conocer la naturaleza de cada cemento, dominar su preparación y eliminar los restos de cemento ya que forma áreas potenciales de acumulación de placa bacteriana.

7. CONCLUSIONES

Acorde a los objetivos propuestos y en relación con las limitaciones que presenta el estudio podemos afirmar que:

1. Los valores de microfiltración de los distintos cementos estudiados no demostraron diferencias significativas entre ellos.
2. Los valores de desajuste marginal absoluto de los cementos estudiados, no obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre ellos.
3. El cemento RelyX Unicem obtuvo los valores mas bajos de microfiltración ($146 \mu^2$) mientras que obtuvo los más altos de desajuste marginal ($264 \mu\text{m}$)
4. El cemento Panavia obtuvo los valores mas altos de microfiltración con respecto a los otros cementos estudiados ($252 \mu^2$), mientras que el cemento Multilink obtuvo los valores más bajos de desajuste marginal ($232 \mu\text{m}$) con respecto a los cementos estudiados.
5. La microfiltración parece estar mas relacionada con la naturaleza del cemento y su capacidad de sellado, que con el valor de desajuste marginal absoluto. A pesar de ello, el modelo estadístico utilizado nos permitió formular una asociación entre ambas variables (Microfiltración = Desajuste marginal absoluto^{0,896}).

8. BIBLIOGRAFÍA

1. De la Macorra, J. Conventional and adhesive luting cements. *Clinical Oral Invest* 2002;6:198-204.
2. Rezende, JM. Cemento, cimento. *Revista de patología tropical* 2011;40(1):101-102.
3. Bascones, A. Cementado odontológico Convencionales. *Tratado en Odontología* Tomo II. 3rd ed. Madrid: Avances; 2000. p. 1779.
4. Vega, J. Cementos en odontología (I): Consideraciones generales sobre cementos. Cementos de silicato. Cementos de fosfato de cinc. Cementos de policarboxilato de cinc. *Materiales en odontología. Fundamentos biológicos, clínicos, biofísicos y físico-químicos*. 1st ed. Madrid: Avances Medico-Dentales, SL; 1996. p. 371.
5. Macchi, R. Cementos. *Materiales Dentales*. 4th ed. Buenos Aires: Medica Panamericana; 2007. p. 139.
6. Palma, V. Cemento de resina. Análisis de sus propiedades e inconvenientes y ventajas de su uso. *RIPE* 2002;4(2):136-143.
7. Toledano, M. Cementos dentales. *Arte y Ciencia de los Materiales odontológicos* Madrid: Ediciones Avances; 2003. p. 253.
8. Díaz-Arnold, A. Currents status of luting agents for fixed prosthodontics. *J Prosthet Dent* 1999;81(2):135-141.
9. Barrancos, M. Ionómeros de vidrios y compómeros. *Operatoria Dental*. 3rd ed. Buenos Aires: Médica Panamericana; 1999. p. 635.
10. Ferracane, J. Self-adhesive resin cements - chemistry, propierties and clinical considerations. *J Oral Rehabil* 2011;38(4):295-314.
11. Pan, YH. The effect of luting agents on the retention of dental implant-supported crowns. *Chang Gung Med J* 2005;28(6):403-410.
12. Squier R. Retentiveness of dental cements used with metallic implant components. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001;16(6):793-798.
13. Pan, YH. Comparison of 7 luting protocols and their effect on the retention and marginal leakage of a cement retained dental implant restoration. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2006;21(4):587-592.
14. Lim, H P. Carga de fractura de coronas totalmente cerámicas en circonio implantosoportada y adheridas con diferentes cementos. *RIPE* 2011;13(2):79-81.
15. Radovic, I. Self - adhesives Resin Cements: A literature Review. *J Adhes Dent* 2008;10(4):251-258.
16. White, S N. Cementos adhesivos y cementación. *La carta odontológica*

2000;5(14):18-23.

17. Suarez, M J. Factores a considerar en el cementado de las restauraciones de prótesis fija. RDOE 1994;6(6):335-340.
18. Kenneth, J. Cementos dentales para aplicaciones de adhesivos. Ciencia de los materiales dentales. De Phillips. 10th ed. Mexico: Mc Graw Hill Interamericana; 1996. p. 581.
19. Behr, M. Changes of cement properties caused by mixing errors: The therapeutic range of different cement types. Dent Mater 2008;24:1187-1193.
20. Han, L. Evaluation of physical properties and surface degradation of self adhesive resin cements. Dent Mater J 2007;26(6):906-914.
21. Cantoro, A. Effect of pre cure temperature on the bonding potential of self etch and self adhesive resin cements. Dent Mater 2008;24:577-583.
22. Spinell, T. Polymerization shrinkage kinetics of dimethacrylate resin cements. Dent Mater 2009;25:1058-1066.
23. Piwowarczyk, A. Microleakage of various cementing agents for full cast crown. Dent Mater 2005;21:445-453.
24. Yoshida, K. In vitro solubility of three types of resin and conventional luting cements. J Oral Rehabil 1998;25(4):285-291.
25. Milutinović – Nikolić, A D. Porosity of different dental luting cements. Dent Mat 2007;23:674-678.
26. Câmara, D. Evaluation of bond strength of self adhesive cements to dentin with or without application of adhesive system. J Adhes Dent 2011;13(3):261-265.
27. De Souza, C. Human pulp response to resin cements used to bond inlay restorations. Dent Mater 2006;22:954-962.
28. Hirashi, N. Effect of pulpal pressure on the microtensile bond strength of luting resin cement to human dentin. Dent Mater 2009;25:58-66.
29. Walker, P. Mechanical property characterization of resin cement after aqueous aging with and without cyclic loading. Dent Mat 2003;19:645-652.
30. Rosenstiel, S. Dental luting agents: A review of the current literature. J Prosthet Dent 1998;80(3):280-301.
31. De Munck, J. Bonding of an autoadhesive luting material to enamel and dentin. Dent Mater 2004;20:963-971.
32. Díaz De Souza, G. Effect of metal primers on microtensile bond strength between zirconia and resin cements. J Prosthet Dent 2011;105(5):296-303.

33. Kenneth, M. The precision of fit: The procera all ceram crown. *J Prosthet Dent* 1998;80(4):394-404.
34. Goracci, C. Microtensile bond strength and interfacial properties of self etching and self adhesive resin cements used to lute composite onlays under different seating forces. *J Adhes Dent* 2006;8(5):327-335.
35. Dedmon, HW. Ability to evaluate nonvisible margins with an explorer. *Oper Dent* 1985;10:6-11.
36. White, SN. Influence of marginal opening on microleakage of cemented artificial crown. *J Prosthet Dent* 1994;71(3):257-264.
37. Suarez, MJ. Comparison of the marginal fit of procera all ceram crowns with two finish lines. *Int J Prosthodont* 2003;16(3):229-232.
38. Azar, MS. Effect of preparation depth differences on the marginal fit of zirconia crown: An in vitro study. *Int J Prosthodont* 2011;24(3):264-266.
39. Suarez, MJ. Estudio comparativo in vitro sobre el ajuste marginal con diferentes cementos. *RIPE* 2002;4(3):217-222.
40. Tao, J. The effect of finish line curvature on marginal fit of all ceramic CAD/CAM crowns and metal crowns and metal ceramic crowns. *Quintessence Int* 2009;40(9):745-752.
41. Karatasli, O. Comparison of the marginal fit of different coping material and design produced by computer aided manufacturing system. *Dent Mater J* 2011;30(1):97-102.
42. Trajtenberg, CP. Microleakage of all ceramics crowns using self etching resin luting agents. *Oper Dent* 2008;33(4):392-399.
43. Gu, XH. Marginal discrepancies and leakage of all - ceramics crowns: Influence of luting agents and aging conditions. *Int J Prosthodont* 2003;16(2):109-116.
44. Mou, SH. Influence of different convergence angles and tooth preparation heights on the internal adaptation of cerec crown. *J Prosthet Dent* 2002;87(3):248-255.
45. Sánchez, F. Control del colapso del colágeno: Sistemas autograbadores. *Av Odontoestomatol* 2004;20(4):175-183.
46. Holmes, JR. Considerations in measurements of marginal fit. *J Prosthet Dent* 1989;62(4):405-408.
47. Grenade, C. Fit of single tooth of zirconia copings: comparison between various manufacturing processes. *J Prosthet Dent* 2011;105(4):249-255.
48. Yüksel, E. Influence of marginal fit and cement types on microleakage of all -

- ceramic crown systems. *Braz Oral Res* 2011;25(3):261-266.
49. Rossetti, P. Correlation between margin fit and microleakage in complete crowns cemented with three luting agents. *J Appl Oral Sci* 2008;16(1):64-69.
 50. Taylor, M. Microleakage. *J Dent* 1992;20(1):3-10.
 51. Korkut, L. Marginal, internal fit and microleakage of zirconia infrastructures: An in - vitro study. *Oper Dent* 2011;36(1):72-79.
 52. Martínez-Rus F. Evaluation of the absolute marginal discrepancy of zirconia - based ceramic copings. *J Prosthet Dent* 2011;105(2):108-114.
 53. Sorensen, JA. A standardized method for determination of crown margin fidelity. *J Prosthet Dent* 1990;64(1):18-24.
 54. Wiedig, C. Performance profile of different new self adhesive resin cements. *Dent Mater* 2010;26(1):e62-e63.
 55. Hooshmand, T. Microleakage and marginal gap of adhesive cements for noble alloy full cast crowns. *Oper Dent* 2011;36(3):258-265.
 56. McComb, D. Adhesive luting cements-classes, criteria, and usage. *Compend Contin Educ Dent* 1996;17(8):759-773.
 57. Hikita, K. Bonding effectiveness of adhesive luting agents to enamel and dentin. *Dent Mater* 2007;23:71-80.
 58. Kiou, AR. Film thicknesses of recently introduced luting cements. *J Prosthet Dent* 2009;101(3):189-192.
 59. Cementos dentales de base acuosa. Parte 1: Cementos ácido-base de polvo y líquido (ISO 9917-1:2007)
 60. Cementos dentales de base acuosa. Parte 2: Cementos modificados con resina. (ISO 9917-2: 2010)
 61. Coli, P. Fit of a new pressure - sintered zirconium dioxide coping. *Int J Prosthodont* 2004;17(1):59-64.
 62. Piemjai, M. Comparison of microleakage of three acid base luting cements versus one resin bonded cement for class V direct composite inlays. *J Prosthet Dent* 2002;88(6):598-603.
 63. Wang, CJ. Effects of cement, cement space, marginal design, seating aid materials, and seating force on crown cementation. *J Prosthet Dent* 1992;67(6):786-790.
 64. White, SN. In vivo marginal adaptation of cast crowns luted with different cements. *J Prosthet Dent* 1995;74(1):25-32.

65. Hahn, P. Influence of resin cement viscosity on microleakage of ceramic inlays. *Dent Mater* 2001;17(3):191-196.
66. Chieffi, N. Effect of the seating pressure on the adhesive bonding of indirect restorations. *Am J Dent* 2006;19(6):333-336.
67. Sola, M. Estudio comparativo "in vitro" del ajuste marginal de restauraciones ceramométálicas y completas de cerámicas. *Soprodent* 1993;9(3):67-70.
68. Quintas, AF. Vertical marginal discrepancy of ceramic copings with different ceramic materials, finish lines, and luting agents: an in vitro evaluation. *J Prosthet Dent* 2004;92(3):250-257.
69. Wilson, PR. Low force cementation. *J Dent* 1996;24(4):269-276.
70. Fernández, E. Diseños de márgenes cervicales coronarios. Cómo y cuándo. *Quintessence (ed esp)* 2002;15(8):493-501.
71. Suárez, MJ. Factores implicados en el sellado marginal de las restauraciones de prótesis fija. *Av Odontoestomatol* 1994;10(1):53-59.
72. Shearer, B. Influence of marginal configuration and porcelain addition on the fit of In - ceram crowns. *Biomaterials* 1996;17(19):1891-1895.
73. Cogolludo, PG. Influence of melting and casting methods and finish line design on the marginal discrepancy of Nickel - Chromium Titanium alloy crowns. *Int J Prosthodont* 2010;23(5):443-445.
74. Gupta, R. In in-vitro evaluation of effect of different finish line on marginal adaptation in metal ceramic restorations under thermo mechanical loading. *Indian J Dent Res* 2011;22(4):608-610.
75. White, SN. Film thickness of new adhesive luting agents. *J Prosthet Dent* 1992;67(6):782-785.
76. Castillo-Oyagüe, R. Misfit and microleakage of implant - support crown copings obtained by laser sintering and casting techniques, luted with glass - ionomer, resin cements and acrylic/urethane-based agents. *J Dent* 2013;41(1):90-96.
77. Chazine, M. Interfacial nanoleakage and internal cement thickness of three esthetic crown systems. *Dent Mater* 2012;28(10):1105-1111.

APÉNDICE

Análisis definitivo: Proposición del modelo

Proposición del modelo

Estudio de los supuestos del modelo

Metodología de trabajo:

Introducción a la técnica

La técnica que a continuación aplicaremos, trata de explicar una variable cuantitativa en función de otra variable cuantitativa, mediante una recta (en caso de regresión lineal) o mediante otra función (en el caso de regresión no lineal).

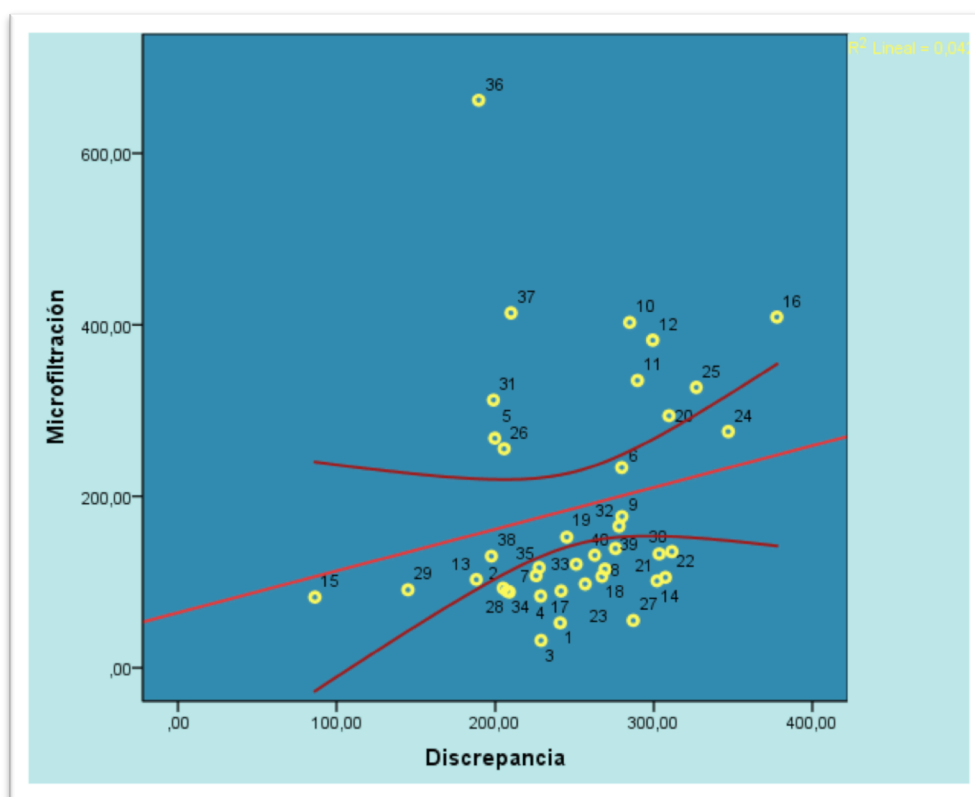
El objetivo de esta técnica es cuantificar la influencia de una variable, que llamaremos dependiente, en una variable de interés, que llamaremos independiente.

En nuestro caso el objetivo será explicar y cuantificar la influencia de la discrepancia vertical en los niveles de microfiltración.

Análisis grafico previo

Los gráficos nos proporcionan la forma más sencilla e intuitiva de estudiar la relación entre dos variables. Nos ofrece una cierta idea de la naturaleza de la relación; si es lineal o no, su intensidad, el sentido (negativa o positiva), así como la identificación de posibles atípicos o valores influyentes.

En primer lugar representaremos, mediante un gráfico de dispersión, el cruce entre las dos variables a estudio.



Observamos cierta irregularidad en los datos, es decir, no se aprecia un claro comportamiento lineal, ya que la recta de ajuste los así como las líneas medias formadas a partir de los intervalos de confianza no recogen de forma adecuada los datos.

También podemos apreciar de forma gráfica la existencia de ciertos valores atípicos o influyentes que pueden no ser representativos dentro de la muestra, e influir de forma exagerada en el análisis.

Estudio analítico previo

Realizaremos un primer análisis para comprobar de forma analítica los supuestos intuitivos de forma visual.

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,204 ^a	,042	,016	132,95578

ANOVA^b

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	29090,584	1	29090,584	1,646	,207 ^a
	Residual	671735,052	38	17677,238		
	Total	700825,636	39			

De estas dos primeras tablas deducimos que no podemos ajustar mediante un modelo lineal la relación entre nuestros datos. Por los siguientes motivos:

En primer lugar la poca variabilidad explicada por el modelo, ya que los valores R-cuadrado y R-cuadrado corregida son prácticamente insignificantes.

Por otro lado, observamos, mediante el análisis de la varianza, que el modelo no es significativo.

Esto puede ser debido a las causas identificadas de forma gráfica, es decir, a la presencia de valores atípicos o a la falta de linealidad.

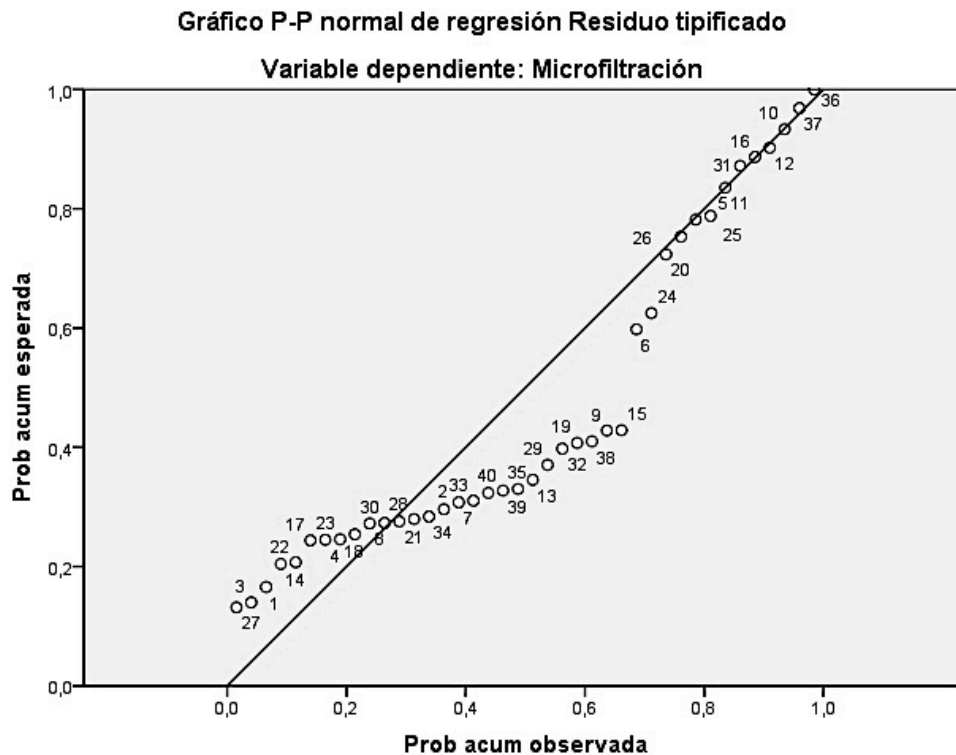
Por ello procedemos a la identificación de datos atípicos mediante la siguiente tabla que muestra, por casos, las distancias de Cook y Mahalanoibis.

Número de casos	Residuo típ.	Microfiltración	Valor pronosticado	Valor pronosticado corregido	Dist. de Mahalanobis	Distancia de Cook
1	-0,972	52,46	181,644	185,071	0,033	0,013
2	-0,535	92,94	164,0939	167,2445	0,679	0,007
<hr/>						
33	-0,495	120,75	186,5142	188,2006	0	0,003
34	-0,572	89,35	165,356	168,5645	0,605	0,007
35	-0,439	116,74	175,1709	176,9461	0,175	0,003
36	3,8	661,85	156,5928	126,6541	1,207	0,453
37	1,859	413,72	166,5538	156,5752	0,538	0,073
38	-0,228	130,18	160,4755	162,018	0,915	0,001
39	-0,447	139,15	198,6178	200,4552	0,194	0,003
40	-0,458	131,34	192,2144	193,8449	0,042	0,003

En primer lugar eliminamos el valor correspondiente al caso 36 (observemos el primer gráfico), ya que la diferencia entre el valor observado y la predicción es muy elevada, además la distancia de Cook es de 0,453.

Por otro lado analizaremos los residuos.

En el siguiente gráfico podemos ver la falta de linealidad en los residuos, lo que nos confirma que nuestros datos no se pueden ajustar mediante una recta, es decir, no podemos aplicar regresión lineal.



A partir de los gráficos de dispersión de las variables y de los residuos podemos empezar a intuir que, mediante una función cúbica (no lineal) o mediante una transformación de los datos, el ajuste será mucho mejor que en el caso de utilizar una función lineal.

Procedemos al análisis con la eliminación del dato atípico con el fin de comprobar su influencia en el modelo.

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,380 ^a	,145	,121	104,14759

ANOVA^b

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	67842,096	1	67842,096	6,255	,017 ^a
	Residual	401328,679	37	10846,721		
	Total	469170,775	38			

Vemos que la cantidad de variabilidad explicada por el modelo (R-cuadrado) ha aumentado considerablemente, aunque sigue siendo bajo. Además el modelo sin el valor atípico es significativo, lo que nos indica que realmente era un valor excesivamente influyente que sesga el verdadero comportamiento de la muestra.

De igual forma que en el caso anterior, eliminamos otro valor influyente. En este caso eliminaremos el valor correspondiente a la observación 37.

Para solucionar el problema de la falta de linealidad transformaremos las variables aplicándoles su logaritmo. A partir de esta transformación observamos la existencia de otro dato atípico, correspondiente a la observación 15, que eliminaremos del análisis.

De esta forma proponemos el siguiente modelo:

Análisis general: Modelización

Análisis definitivo: Proposición del modelo

En un primer análisis con los datos transformados obtenemos:

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,386 ^a	,149	,125	,57129

a. Variables predictoras: (Constante), logDiscrep

b. Variable dependiente: logMicrofiltracion

ANOVA^b

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	2,005	1	2,005	6,144	,018 ^a
	Residual	11,423	35	,326		
	Total	13,428	36			

Coefficientes^a

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.	Estadísticos de colinealidad	
	B	Error típ.	Beta			Tolerancia	FIV
(Constante)	-1,623	2,657		-,61	,545		
logDiscrep	1,189	,480	,386	2,479	,018	1,000	1,000

a. Variable dependiente: logMicrofiltracion

A partir de las tablas anteriores indicamos que la cantidad de variabilidad explicada por el modelo no es muy elevada. Esto es debido a que la constante (incluida en el modelo) no es significativa.

Como observación citar que, a partir del factor de inflación de la varianza (FIV), deducimos que no existe colinealidad.

Procedemos a eliminar la constante y a proponer un modelo definitivo.

Proposición del modelo**Resumen del modelo^{c,d}**

Modelo	R	R cuadrado ^b	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,994 ^a	,987	,987	,56629

ANOVA^{c,d}

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	911,878	1	911,878	2843,540	,000 ^a
	Residual	11,545	36	,321		
	Total	923,422 ^b	37			

a. Variables predictoras: logDiscrep

c. Variable dependiente: logMicrofiltracion

A partir de los cuadros anteriores aceptamos el modelo propuesto a partir de la transformación logarítmica de las variables, ya que obtenemos un R-cuadrado elevado, es decir, la variabilidad explicada por el modelo es del 98,7%. Además, el cuadro de análisis de la varianza del modelo nos dice que es significativo. Por todo ello será el siguiente el modelo propuesto:

Coeficientes^{a,b}

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.	Estadísticos de colinealidad	
	B	Error típ.	Beta			Tolerancia	FIV
1 logDiscrep	,896	,017	,994	53,32	,000	1,000	1,000

$$\ln(\text{Microfiltración}) = 0,896 \ln(\text{Discrepancia})$$

Ecuación sobre la que podemos aplicar una transformación inversa para obtener:

$$\text{Microfiltración} = \text{Discrepancia}^{0,896}$$

Estudio de los supuestos del modelo

En este apartado comentaremos (de forma breve) el cumplimiento o no de algunos de los supuestos del modelo, es decir, de la veracidad de las hipótesis de partida así como del correcto comportamiento de los residuos y la muestra.

En primer lugar comentar que no existe colinealidad, algo que podemos observar a partir de factor de inflación de la varianza, ya que tomo como valor 1 y el rango de valores empírico a la hora de considerar la existencia de colinealidad entre las variables es a partir de $FIV > 10$.

Por otro lado, a partir de los gráficos y pruebas que se muestran a continuación, estudiaremos el comportamiento de los residuos del modelo, es decir, de la parte que no ha sido explicada por el modelo. De tal forma que el comportamiento de estos debe ser aleatorio, ya que de lo contrario parte de la variabilidad no estaría controlada por el modelo propuesto.

En primer lugar citar la ausencia de heterocedasticidad en los residuos, la varianza de los mismos es constante. Esto lo vemos en el gráfico de dispersión de los residuos, donde observamos que la variabilidad ni crece ni decrece y que estas oscilando entorno a un valor, es decir, están centrados. Concluimos indicando que los residuos no presentan un comportamiento concreto, es decir son aleatorios.

En cuanto a la normalidad de los mismos, realizamos la prueba de Kolmogorov.

Observamos que la media es prácticamente 0 y la desviación 1.

			Residual
N			37
Parámetros normales ^{a,b}	Media		-,0035807
	Desviación típica		,99999341
Z de Kolmogorov-Smirnov			,669
Sig. asintót. (bilateral)			,762

A partir de la prueba
aceptamos la normalidad
de los residuos y

